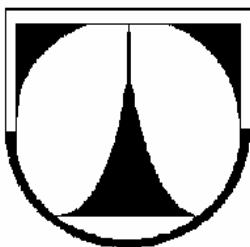

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA ČÁSTÍ A MECHANISMŮ STROJŮ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Technická univerzita v Liberci



Fakulta strojn^í

Katedra částí a mechanismů strojů

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

INOVACE PŘEVODOVKY A PŘEVODOVÉ SKŘÍNĚ PRO INVALIDNÍ VOZÍK

THE INNOVATION OF GEAR UNIT AND GEAR-BOX FOR WHEELCHAIR

Zdeněk Bašta

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Počet stran: 86

Počet příloh: 20

Počet obrázků: 46

Počet tabulek: 4

Nebo jiných příloh: 0

V Liberci 10.5.2008



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Studijní rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Zdeněk B A Š T A**

obor **Inovační Inženýrství**

zaměření **Inovace výrobků**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Inovace převodovky a převodové skříně pro invalidní vozík

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s dosavadním stavem řešení (konstrukce a výpočty) a tento stav popište.
2. Navrhněte a zkonstruuje inovovanou převodovku a převodovou skříně.
3. Inovujte funkčnost řazení převodovky.
4. Minimalizujte velikost převodové skříně.
5. Maximálně snižte náklady na výrobu a na kooperaci.
6. Proveďte pevnostní kontrolu převodové skříně.

ANOTACE

FAKULTA: Strojní
KATEDRA: Částí a mechanismů strojů

STUDIJNÍ PROGRAM: Strojírenství
OBOR: Inovační inženýrství
ZAMĚŘENÍ: Inovace výrobků

JMÉNO: Zdeněk Bašta
TÉMA PRÁCE: Inovace převodovky a převodové skříně pro invalidní vozík

VEDOUcí DP: Doc. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
KONZULTANT: Ing. Jiří Dvořáček – O.K. STAVEBNÍ s.r.o.

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku inovace převodovky a převodové skříně pro invalidní vozík Eivo, vyráběné ve firmě O.K. STAVEBNÍ s.r.o. Červený Kostelec. Podle moderních inovačních metod bylo navrženo několik nových principů a variant. Z těchto navržených variant byla nakonec vybrána jedna, která byla dále podrobněji navržena, zkonstruována a vyrobena. Inovace jsou provedeny na základě naměřených veličin na daném zařízení a výpočty pomocí klasických výpočetních metod a metodou konečných prvků.

Desetinné třídění: DT 621.9
Klíčová slova: Eivo, inovace, invalidní vozík, převodovka, spojka, skříně

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů
Dokončeno: 2008
Archivní označení zprávy:

ANOTATION

FACULTY: Mechanical
DEPARTMENT: Of sections and mechanism of machines

FIELD OF STUDY: Engineering
BRANCH: Innovative engineering science
SPECIALIZATION: Products innovation

NAME: Zdeněk Bašta
SUBJECT MATTER: The innovation of gear unit and gear-box for wheelchair

SUPERVISOR: Doc. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
CONSULTANT: Ing. Jiří Dvořáček – O.K. STAVEBNÍ s.r.o.

This thesis focuses on the innovation of gear unit and gear-box for the wheelchair Eivo, manufactured in the company O.K. STAVEBNÍ s.r.o. Červený Kostelec. Several new principles and variations were designed according to modern innovative methods. In the end, one of these variants was chosen and further designed in more detail, constructed and manufactured. Conventional computation methods and finite element method analysis were applied.

Desetinné třídění: DT 621.9
Klíčová slova: Eivo, innovation, wheelchair, gear-box, conjunction, box

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů
Dokončeno: 2008
Archivní označení zprávy:

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TU v Liberci má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TU v Liberci, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 10.5.2008

.....

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Liberci 10.5.2008

.....

Poděkování

Na tomto místě bych velice rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu Doc. Ing. Ladislavovi Ševčíkovi, CSc. za odborné vedení, připomínky a čas strávený nad mou prací. Panu Ing. Jiřímu Pánkovi za pomoc a konzultace při řešení specifických problémů. V neposlední řadě bych moc rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Dvořáčkovi za čas, vedení, praktické informace, poskytnutí odborných materiálů a firmě O.K. STAVEBNÍ s.r.o., pod jejíž hlavičkou jsem mohl absolvovat diplomovou práci a nahlédnout tak do pracovního koloběhu strojírenského podniku. Na konec bych rád poděkoval mým rodičům, blízkým příbuzným a přátelům, kteří mě po celou dobu tvorby diplomové práce a celého studia podporovali.

Obsah:

| | |
|---|----|
| 1 ÚVOD | 14 |
| 2 INVALIDNÍ VOZÍK EIVO 400 -600 | 15 |
| 3 PŮVODNÍ PŘEVODOVKA | 17 |
| 3.1 Popis a funkce stávající převodovky | 17 |
| 3.2 Funkčnost původní převodovky | 19 |
| 3.3 Hodnocení konstrukce původní převodovky - výhody a nevýhody | 20 |
| 3.4 Shrnutí | 22 |
| 4 PLÁNOVÁNÍ INOVACE PŘEVODOVKY | 23 |
| 4.1 Identifikace inovačních příležitostí | 24 |
| 4.2 Zhodnocení inovačních návrhů | 25 |
| 4.3 Alokování zdrojů | 26 |
| 4.4 Vypracování harmonogramu | 27 |
| 4.5 Zformulování inovačních prohlášení | 28 |
| 4.6 Revize výstupů a průběhu procesu | 28 |
| 5 METODY PRO TVORBU KONCEPTU VÝROBKU | 30 |
| 5.1 Identifikace zákaznických potřeb | 30 |
| 5.2 Kreativní generování konceptu výrobku | 34 |
| 5.3 Průzkum trhu | 34 |
| 5.3.1 Převodovka - EP 120 2C | 34 |
| 5.3.2 Převodovka – SPL 120-2NVCR | 36 |
| 5.4 Navrhnuté vlastní řešení | 40 |
| 5.4.1 Převodovka č.1 | 40 |
| 5.4.2 Převodovka č.2 | 42 |
| 5.5 Zhodnocení a výběr konceptu | 44 |
| 6. DFX - METODY PRO DETAILNÍ KONSTRUOVÁNÍ | 47 |
| 6.1 Metoda DFA | 48 |
| 6.2 Metoda DFM | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 6.3 Metoda DFE | 52 |
| 7. NÁMAHOVÁ ANALÝZA PŘEVODOVÉ SKŘÍŇE..... | 54 |
| 7.1 Výpočet sil v uložení | 56 |
| 8 ANALÝZA POMOCÍ ANSYS WORKBENCH 10.0 | 71 |
| 8.1 Výsledné síly při 2. rychlostním stupni..... | 71 |
| 8.1.1 Ekvivalentní namáhání - 2.rychlostní stupeň..... | 72 |
| 8.1.2 Totální deformace - 2.rychlostní stupeň | 74 |
| 8.1.3 Směrová deformace - 2.rychlostní stupeň..... | 76 |
| 8.2 Výsledné síly při 1. rychlostním stupni..... | 78 |
| 8.2.1 Ekvivalentní namáhání - 1.rychlostní stupeň..... | 79 |
| 8.2.2 Totální deformace - 1.rychlostní stupeň | 81 |
| 8.2.3 Směrová deformace - 1.rychlostní stupeň..... | 83 |
| 9 ZÁVĚR | 85 |
| 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 86 |

Použité symboly a označení:

| Symbol(veličina) | Jednotka | Název |
|------------------|----------|--|
| F_{t1} | [N] | Tečná síla v bodě 1 |
| F_{r1} | [N] | Radiální síla v bodě 1 |
| F_{a1} | [N] | Axiální síla v bodě 1 |
| F_{n1} | [N] | Výsledná síla v bodě 1 |
| F_{t2} | [N] | Tečná síla v bodě 2 - <i>1.rychlostní stupeň</i> |
| F_{r2} | [N] | Radiální síla v bodě 2 - <i>1.rychlostní stupeň</i> |
| F_{a2} | [N] | Axiální síla v bodě 2 - <i>1.rychlostní stupeň</i> |
| F_{n2} | [N] | Výsledná síla v bodě 2 - <i>1.rychlostní stupeň</i> |
| F_{t2}' | [N] | Tečná síla v bodě 2 - <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| F_{r2}' | [N] | Radiální síla v bodě 2 - <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| F_{a2}' | [N] | Axiální síla v bodě 2 - <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| F_{n2}' | [N] | Výsledná síla v bodě 2 - <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| l_1 | [mm] | Vzdálenost působíště síly F_{rm} od podpory A |
| l_2 | [mm] | Vzdálenost působíště síly F_{rm} od bodu 1 |
| l_3 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 1 od podpory B |
| l_4 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory C |
| l_5 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od působíště sil bod 1 |
| l_6 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 1 od podpory D |
| l_7 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory E |
| l_8 | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory F |
| l_9 | [mm] | Vzdálenost působíště síly F_{fr} od podpory F |
| l_4' | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory C, <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| l_5' | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od působíště sil bod 1, <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| l_7' | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory E, <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| l_8' | [mm] | Vzdálenost působíště sil bod 2 od podpory F, <i>2.rychlostní stupeň</i> |
| s_1 | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 1 od osy rotace (pastorek) |
| s_2 | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 2 od osy rotace (předlohová hřídel) |
| s_3 | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 1 od osy rotace |

| | | |
|-----------|-------|---|
| | | (předloková hřídel) |
| s_4 | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 2 od osy rotace (hnací hřídel) |
| s_5 | [mm] | Vzdálenost působíště síly F_{if} od osy rotace (hnací hřídel)' |
| s_2' | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 2 od osy rotace (předloková hřídel), 2.rychlostní stupeň |
| s_4' | [mm] | Vzdálenost působíště síly v bodě 2 od osy rotace (hnací hřídel), 2.rychlostní stupeň |
| R_{Ax} | [N] | Reakce v bodě A ve směru osy x |
| R_{Bx} | [N] | Reakce v bodě B ve směru osy x |
| R_{Ay} | [N] | Reakce v bodě A ve směru osy y |
| R_{By} | [N] | Reakce v bodě B ve směru osy y |
| F_{rm} | [N] | Radiální síla od motoru |
| M_A | [N.m] | moment v bodě A |
| R_{Ba} | [N] | Axiální reakce v bodě B |
| R_{Ar} | [N] | Radiální reakce v bodě A |
| R_{Br} | [N] | Radiální reakce v bodě B |
| R_{Cx} | [N] | Reakce v bodě C ve směru osy x |
| R_{Dx} | [N] | Reakce v bodě D ve směru osy x |
| R_{Cy} | [N] | Reakce v bodě C ve směru osy y |
| R_{Dy} | [N] | Reakce v bodě D ve směru osy y |
| M_C | [N.m] | moment v bodě C |
| R_{Da} | [N] | Axiální reakce v bodě D |
| R_{Cr} | [N] | Radiální reakce v bodě C |
| R_{Dr} | [N] | Radiální reakce v bodě D |
| R_{Cx}' | [N] | Reakce v bodě C ve směru osy x, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Dx}' | [N] | Reakce v bodě D ve směru osy x, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Cy}' | [N] | Reakce v bodě C ve směru osy y, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Dy}' | [N] | Reakce v bodě D ve směru osy y, 2-rychlostní stupeň |
| M_C' | [N.m] | moment v bodě C, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Da}' | [N] | Axiální reakce v bodě D, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Cr}' | [N] | Radiální reakce v bodě C, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Dr}' | [N] | Radiální reakce v bodě D, 2-rychlostní stupeň |
| R_{Ex} | [N] | Reakce v bodě E ve směru osy x |
| R_{Fx} | [N] | Reakce v bodě F ve směru osy x |



| | | |
|-----------|-------|---|
| R_{Ey} | [N] | Reakce v bodě E ve směru osy y |
| R_{Fy} | [N] | Reakce v bodě F ve směru osy y |
| M_E | [N.m] | moment v bodě E |
| R_{Fa} | [N] | Axiální reakce v bodě F |
| R_{Er} | [N] | Radiální reakce v bodě E |
| R_{Fr} | [N] | Radiální reakce v bodě F |
| $F_{tř}$ | [N] | Tečná síla od řetězového kola |
| R_{Ex}' | [N] | Reakce v bodě E ve směru osy x, 2.- rychlostní stupeň |
| R_{Fx}' | [N] | Reakce v bodě F ve směru osy x, 2.- rychlostní stupeň |
| R_{Ey}' | [N] | Reakce v bodě E ve směru osy y, 2.- rychlostní stupeň |
| R_{Fy}' | [N] | Reakce v bodě F ve směru osy y, 2 - rychlostní stupeň |
| M_E' | [N.m] | moment v bodě E, 2.- rychlostní stupeň |
| R_{Fa}' | [N] | Axiální reakce v bodě F, 2- .rychlostní stupeň |
| R_{Er}' | [N] | Radiální reakce v bodě E, 2.-.rychlostní stupeň |
| R_{Fr}' | [N] | Radiální reakce v bodě F, 2.- rychlostní stupeň |
| $F_{tř}'$ | [N] | Tečná síla od řetězového kola, 2.-.rychlostní stupeň |

1 Úvod

Firma O.K. STAVEBNÍ se zabývá výrobou ocelových konstrukcí a technologických svařenců. V posledních letech přišlo vedení firmy s požadavkem zákazníků na výrobu kvalitního, jednoduchého a ne příliš nákladného výrobku. Jedné se o výrobu invalidního vozíku určeného především pro invalidy a starší lidi s problémy pohybového ustrojí. Invalidní vozík dostal označení Eivo 400 a Eivo 600. V současné době je vyrobeno již několik kusů těchto vozíků. Jelikož se jedná o kusovou výrobu, dá se říci, že takřka každý vyrobený kus je atypický a od jiného se liší v mnoha detailech, což je velice nevýhodné pro výrobu, servis a především pro celkový zisk firmy. Díky skoro nulovému vedení veškeré dokumentace však není možné začít s malosériovou výrobou a tím upevnit postavení firmy na trhu.

Z těchto důvodů se vedení firmy O.K.STAVEBNÍ rozhodlo, že takto "organizovaná" výroba, kde je mnoho nároků na kooperaci a špatné vedení výrobních a jiných dokumentů, není možná. Jedním z velice problémových dílů je výroba a funkčnost dvoustupňové převodovky a převodové skříně.

Mým úkolem v této diplomové práci je pomocí moderních inovačních technologií prozkoumat původní převodovku a převodovou skříň. Zjistit a vyhodnotit její klady a zápory. Dále navrhnout několik nových variant, ty spolu porovnat. Z navržených variant nové převodovky a převodové skříně postupnými inovačními kroky vybrat jednu variantu, která se bude jevit jako nejvíce vyhovující. Tuto "vítěznou" variantu pak navrhnout a zkonstruovat tak, aby byla možná její výroba, montáž a následný servis.

2 Invalidní vozík Eivo 400 -600

Vozík Eivo:

Jedná se o malý elektromobil s označením EIVO 400 – 600, který splňuje požadavek některých postižených starších lidí pohybovat se i v terénu, mimo chodník, popř. silnici.

Základem vozíku je svařený ocelový rám. Přední řiditelná náprava a zadní poháněná náprava je vybavena bantamovými koly. Řízení přední nápravy umožňují naklápěcí řídítka. Pohon zadní nápravy zajišťuje elektromotor spojený s 2 stupňovou převodovkou, řetězovým převodem a diferenciálem.



Obr. 1.: Invalidní vozík

Elektromotor je napájený dvěma 12 V akumulátory, řízený regulátorem vlastní konstrukce, který umožňuje jízdu dopředu, dozadu, plynule regulovat rychlost, brzdit a při jízdě z kopce dobíjet akumulátory. Ty lze také nabíjet pomocí vestavěné automatické nabíječky. Elektromagnetická třecí brzda zajišťuje vozík při vypnutém stavu. Regulátor je ovládán páčkou nebo rukojetí, podle potřeby levou nebo pravou rukou. Ovládací panel obsahuje indikátor stavu dobití baterie, startovací tlačítko, klakson, tlačítko, kterým lze snížit rychlost o 50% pro bezpečnou a přesnou manipulaci s vozíkem, stop tlačítko, elektrický zámek a tachometr s celkovým počtem ujetých kilometrů, denním počtem ujetých kilometrů, hodinami a ukazatelem okamžité rychlosti.



Obr.2.: Invalidní vozík

Pro pohodlné nasedání a vysedání lze sedadlo otáčet o 360°. Laminátová karoserie je osazena směrovými světly a předním reflektorem. Základní barevné provedení je modrá, červená a zelená.

Základní technické parametry:

| | |
|-------------|---|
| Délka: | 1400 mm |
| Šířka: | 580 mm |
| Rychlost: | 10 km/h |
| Náklon: | 15% |
| Stoupání: | 30% |
| Dojezd: | 50 km |
| Baterie: | 2 x 12 V 60 nebo 70 Ah |
| Převodovka: | dvourychlostní |
| Regulátor: | elektronický |
| Motor: | ATAS elektromotor Náchod a.s. 600W, 24V, 33A, 3600 1/min |

3 Původní převodovka

Jedná se o dvoustupňovou převodovku spojenou s řetězovým převodem a diferenciálem, to vše je poháněné elektromotorem s permanentními magnety.

3.1 Popis a funkce stávající převodovky

Dvoustupňová převodovka slouží k pohonu invalidního čtyřkolového vozíku (obr.1-2).

Její dva stupně jsou převody:

| | |
|----------|------------|
| 1.stupeň | $i = 1,78$ |
| 2.stupeň | $i = 5,67$ |

Převody jsou realizovány koly s šikmým ozubením pos. 8 (obr.3) a pos.9 uloženými na hřídeli pos. 5, která je výstupní hřídelí, na které je naraženo řetězové kolo pos.11. Ozubená kola jsou otočná na hřídeli pos. 5 a pevné spojení kola pos 8 nebo pos. 9 s hřídelí pos. 5 zajišťuje přesuvná spojka uložená na hřídeli 5, unášena 2 pery pos.16. Spojení s kolem 1. nebo 2. stupně je provedeno 4 válcovými kolíky pos.15.

Předloková hřídel pos.7 je poháněna ozubeným kolem pos.12, které zapadá do pastorku pos.6 uloženém ve víku skříně pos.1

Řazení je prováděno excentrem, který přesouvá spojku pos.10, a tím pevně spojuje kola převodu I, nebo na druhou stranu převodu II pomocí kolíků pos.15.

Skříň je složena ze 4 dílů vzájemně sešroubovaných.

Nosnou část skříně tvoří hliníková trubka, která je opatřena dvěma víky přišroubovanými do čel trubky 8 šroubky na každé straně. Uvnitř trubky je mezistěna, rovněž držena čtyřmi šroubky po obvodě.

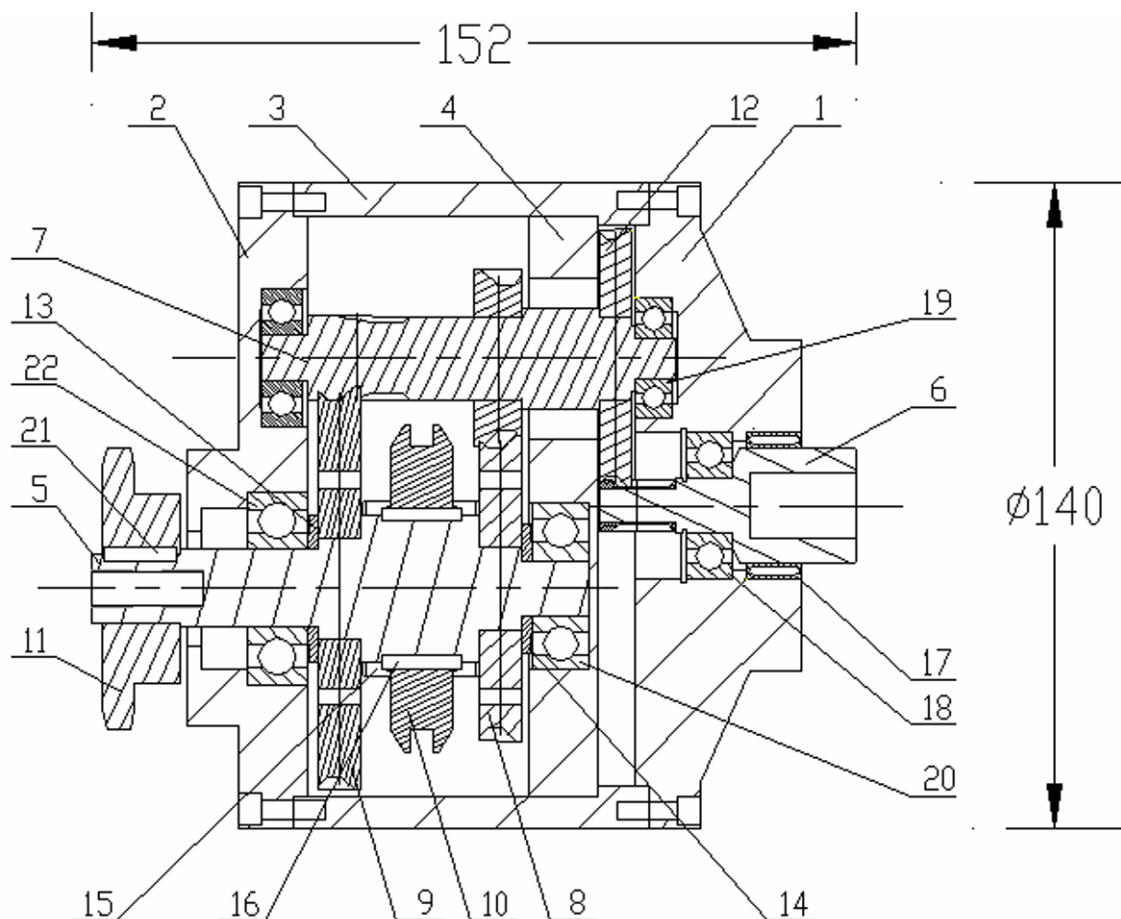
Materiál trubky i čel s mezistěnou je odlit ze slitiny hliníku Al-Cu4-Si5-Zn (ČSN 42 4357 beztlakovým litím do písku.

Technické parametry:

délka – 152 mm

hmotnost – 6,1 kg

cena převodovky – 17 500 Kč



Obr.3.: Sestava původní převodovky

- | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1. Víko pravé – 1ks | 9. Ozubené kolo – 1ks | 17. Ložisko – 1ks |
| 2. Víko levé – 1ks | 10. Spojkový talíř – 1ks | 18. Ložisko – 1ks |
| 3. Kryt – 1ks | 11. Řetězové kolo – 1ks | 19. Ložisko – 1ks |
| 4. Přepážka – 2ks | 12. Ozubené kolo - 1ks | 20. Pero – 1ks |
| 5. Hřídel – 1ks | 13. Kroužek – 1ks | 21. Ložisko – 1ks |
| 6. Pastorek – 1ks | 14. Kroužek – 1ks | 22. Ložisko – 2ks |
| 7. Předlohová hřídel – 1ks | 15. Kolík – 4ks | |
| 8. Ozubené kolo – 1ks | 16. Pero – 2ks | |

3.2 Funkčnost původní převodovky

Krouticí moment od motoru se přenáší přes pevnou spojku na hřídel s pastorkem stálého převodu 6 (obr.3). Dále z pastorku stálého převodu na kolo stálého převodu, spojeného s předlohou hřídelí. Kola na této předlohou hřídeli pro I. a II. rychlostní stupeň zapadají do kol na výstupní hřídeli, která je opatřena spojkou, a ta se přesouvá pomocí jednoduchého excentru do volně uloženého kola I. nebo II. rychlostního stupně, a pomocí kolíků v čele tyto pevně spojí s výstupní hřídelí a přenáší krouticí moment na výstupní hřídel, a tím na řetězové kolo, které je výstupem pro pohon řetězem na zadní kola vozíku.

Na obrázku 4 je znázorněn spojkový talíř pos.10 v poloze „neutrál“, který je u vozíku nutný pro jeho volný a bezproblémový pohyb při přemísťování, opravách a jiné manipulaci s vypnutým motorem.



Obr.4.: Systém původního řazení (neutrál)



Obr.5.: Ukázka zařazení 1. rychlostního stupně

3.3 Hodnocení konstrukce původní převodovky - výhody a nevýhody

Válcový profil pro tento druh převodovky není nejvhodnější. Výhodným se jeví pro planetové převodovky. Vstupní a výstupní hřídel nemůže být u tohoto řešení v ose převodovky, což je předností planetových převodovek a umožňuje to jejich využití pro snazší montáž, a tím i manipulaci s celou pohonnou jednotkou.

Nevyhovující je především její rozměr, a to je délka 152mm. Při tomto rozměru převodovky a jejím umístění a osu zadní nápravy spojenou s elektromotorem, je kvůli malému místu mezi zadními koly nemožná montáž ručně bržděných obou zadních kol, což by bylo z hlediska nedostatečné sekundární brzdící síly jedním bržděným kolem velkým přínosem.

Výhodou je váha převodovky, což zajišťuje její skříně, která je celá odlita ze slitiny hliníku Al-Cu4-Si5-Zn (ČSN 42 4357) (obr.6). Avšak složité tvary skříně a použitá technologie beztlakového lití do písku jsou nevyhovující. Zde díky pórovitosti takto odlévané skříně lze použít v průměru 2-3 odlitků z 5. Jelikož firma O.K. STAVEBNÍ nevlastní technologie k výrobě takto konstruované skříně, vznikají zde nemalé náklady na kooperaci. Nutné je upozornit, že volba lepší technologie výroby skříně, např. odlévání do netradičních forem, nízkotlakového, vakuového odlévání atd., by vedlo k dalšímu zvýšení nákladů na výrobu.



Obr.6.: Původní skříň převodovky

Také umístění ložisek, kdy v obou víkách jsou komory pro ložiska pro předlohouvou hřídel. V zadním víku je rovněž komora pro ložisko výstupní hřídele, jejíž druhé ložisko je umístěno v mezistěně, a ta je opět uložena v trubce a zajištěna šrouby, což neumožňuje případnou demontáž ložisek. Také vzájemná poloha vík, trubky a mezistěny nezaručuje souosost pro tyto hřídele, což výrazně snižuje životnost ložisek.

Jako mazání je zde využívána vazelina, protože při mazání olejem docházelo k tečení převodovky, což u tak drahé skříně je udivující.

Nejporuchovější je provedení spojky. Zapadání 4 kolíků do otvorů v kole I. převodového stupně nebo II. stupně je velmi problematické (obr.4 a 5). Vůle kolíků v otvorech musí být dostatečně velká, aby kolíky zapadly do čtyř otvorů. Přenos síly nikdy nebude všemi čtyřmi kolíky, pokud nedojde k jejich deformaci. Kromě toho, přeřazení je velmi problematické, při čemž neutrální poloha je nebezpečná, poněvadž hlavní brzdná síla je vyvozena elektromotorem. Z tohoto důvodu je vozík opatřen ještě ruční brzdou umístěnou na řidítkách, jelikož zařazení neutrálního stupně např. při jízdě do kopce by bylo při nemožnosti přidavného brzdného zařízení velice nebezpečné pro uživatele, který je navíc v mnoha případech imobilní. Zde je nutné zdůraznit, že při jakémkoliv zařazení jiného stupně převodu je 4% šance na jeho „vypadnutí“ zpět na neutrál, a tak se mnohdy stane, že díky systému řazení popsanému výše, se

povede zařadit až na několik pokusů, což je velice alarmující a je toto riziko potřeba minimalizovat.

Vlastní přesouvání spojkového talíře je provedeno excentrem, který pevným čepem zapadá do drážky spojkového talíře pouze v jednom bodě. Vhodnější je vidlice, která přesouvá spojkový talíř na průměru symetricky.

3.4 Shrnutí

Tato převodovka se nejvíce jeví jako vhodná pro daný účel. Lze ji použít jako prototypovou převodovku pro zkoušky vozíku. Její výroba ve více kusech je nejen vysoce neekonomická, ale i její opakování a servis je velmi problematický. Pro tento vozík je třeba vyvinout převodovku, kterou bude možno vyrábět i v menších sériích. Je potřeba zvážit vhodnější tvar převodovky, ne válcový. Lze jistě lépe využít skříňový tvar. Ať už svařenec, nebo dodávaný profil. Zvážit vhodnost umístění valivých ložisek do samostatných vyjímatelných pouzder a kroužků, a tím zjednodušit montáž i demontáž. Naprosto jednoznačně vyřešit systém řazení I. a II. stupně. Nelze připustit možnost, aby při provozu nebyl zařazen ani jeden stupeň. Systém použití 4 kolíků tak jak je proveden v současné převodovce není řešením.

4 Plánování inovace převodovky

Cílem úvodní fáze inovačního cyklu je sestavení portfolia inovovaných produktů a vypracování harmonogramu jejich zavádění na trh. Je tedy zřejmé, že fáze plánování výrobků vždy předchází vlastnímu procesu (technického) vývoje výrobku, tj. předchází formálnímu schválení inovačních projektů, nasazení výraznějších zdrojů organizace i zformování projektových týmů. Správný průběh procesu plánování inovace výrobků je zárukou, že inovovaný výrobek bude v souladu s širšími obchodními záměry společnosti.

Při plánování inovace výrobku si musíme položit a zodpovědět například následující otázky [2]:

- Jaké inovační projekty zahájíme?
- Půjde o úplně nové, zlepšené nebo derivované výrobky?
- Jaké bude načasování projektů a jejich pořadí?
- Na jaký trh (segment) bude inovace orientována?
- Jaké nové technologie budou zahrnuty do inovačního procesu?
- Jaké jsou cíle a omezení výrobních procesů?
- Jaký je vlastní finanční cíl inovace?
- Jaký je finanční rozpočet inovace? apod.

Odpovědi na výše uvedené otázky:

- Je potřeba inovovat stávající převodovku a převodovou skříň na vozík Eivo 400 - 600.
- Půjde o zlepšený, popřípadě derivovaný výrobek.
- První dvě převodovky budou vyrobeny do 5ti měsíců.
- Vozík bude navrhnout pro částečně invalidní, imobilní či postarší osoby.
- Využijí nové technologie: pálení ocelových plechů laserem.
- Až na výrobu ozubených kol se převážně omezit na možnosti vlastní firmy.
- Snížit celkové náklady na výrobu nové převodovky.
- Na první dvě převodovky a jejich vývoj je rozpočet cca 60 000,-Kč.

Protože inovační proces není hra na náhodu ani cesta výjimečným vědeckým objevem, lze inovace systematicky plánovat a dokonce tento proces řídit. Pro tento proces je vhodné využít

určité metodické postupy, které celou fázi plánování inovace zrychlují a zefektivňují. V této fázi dominují zejména kvalitativní a kvantitativní metody marketingového výzkumu. Použití jednotlivých metod vychází z kroků, které musíme v úvodní fázi inovačního procesu učinit. Jedné se zejména o:

- identifikaci inovačních příležitostí
- zhodnocení inovačních návrhů
- alokaci zdrojů
- vypracování harmonogramu
- zformulování inovačního prohlášení
- revize výstupů a průběhu procesu

Tyto kroky není nutné provádět v „absolutní čisté“ sekvenci, ale je možné využít i paralelní průběh, kterému je vlastní trvalé kritické posuzování a reflexe potřeb a možností společnosti i vazeb mezi různými inovacemi.

4.1 Identifikace inovačních příležitostí

Proces plánování začíná při identifikaci příležitostí. Tyto inovační příležitosti mohou být založeny na:

- nové výrobní platformě (nová rodina výrobků, založená na platformě současné – rozšíření a udržení současných trhů)
- derivátu existující platformy (rozšíření sortimentu současných výrobků – rozšíření současných trhů)
- dílčí zlepšení existujícího výrobku (jedná se o modifikaci některých charakteristik – udržuje současné trhy)
- úplně novém výrobku (dramaticky odlišný výrobek nebo technologie – získání nového trhu)

Je zřejmé, že v tomto případě se inovační příležitosti budou odvíjet od bodu 3 a z části od bodu 2 a to [2]:

- dílčím zlepšením inovačního výrobku
- derivátu existující platformy

Mezi metody vhodné pro tuto fázi inovačního procesu patří zejména metody propracované v rámci teorie marketingu a benchmarkingu jako jsou například:

- analýza reklamací
- interview s uživateli a zákazníky
- analýza trendu v životním stylu, demografických veličinách a technologiích
- sběr názorů současných zákazníků
- studium konkurenčních výrobků
- analýzu stavu nově se vyvíjejících technologií
- analýzu výsledků základního a aplikovaného výzkumu
- inovativní marketing

Vycházelo se především z:

- analýzy reklamací
- interview s uživateli a zákazníky
- analýzy trendu v životním stylu, demografických veličinách a technologiích
- studia konkurenčních výrobků
- analýzy stavu nově se vyvíjejících technologií

4.2 Zhodnocení inovačních návrhů

V případě, že je vyhledávání příležitostí dobře organizováno a řízeno, mohou být během jednoho roku identifikovány stovky inovačních příležitostí a návrhů. Druhým krokem v této

fázi inovačního procesu je proto výběr návrhů, slibujících splnění podnikatelských cílů. Při redukování inovačních návrhů se podniky mohou dopustit dvou zásadních chyb [2]:

- opomenutí – vznikne tehdy, jestliže firma opustí dobrý nápad
- pokračování – dopustíme se jí tehdy, když připustíme, aby se nekvalitní nápad dostal do fáze vývoje resp. ještě dále

Je tedy nutné zhodnotit jednotlivé návrhy a identifikovat dobré, resp. špatné návrhy. Pro hodnocení jednotlivých inovačních návrhů se využívají různá hlediska, mezi která patří například:

- shoda s konkurenční strategií firmy
- uplatnění v jednotlivých segmentech trhu
- posouzení z hlediska technologických trajektorií
- kapitálová připravenost firmy

4.3 Alokování zdrojů

Žádný podnik si nemůže dovolit „nabrat“ mnoho inovačních projektů bez ohledu na dostupnost potřebných pro jejich realizaci. Výsledkem takového postupu je, že kvalifikovaní pracovníci, inženýři i manažeři jsou více a více zapojováni do dalších inovačních projektů, což následně způsobuje zdržení, prodloužení doby uvedení na trh, snížení produktivity prací v inovačním procesu i snížení plánovaných zisků. Metodou vhodnou pro redukci těchto negativních projevů je tzv. souhrnné plánování (*aggregate planning*), které zajistí efektivní nasazení podnikových zdrojů do projektů, které tak mohou být dokončeny v rámci rozpočtových zdrojů i v plánovaném čase.

V této fázi je nutné pečlivě naplánovat (odhadnout) potřebu jednotlivých zdrojů pro realizaci každého inovačního projektu s přesností na roky, čtvrtletí, resp. měsíce. Mezi hlavní plánované položky patří např. [2]:

- potřeba lidských zdrojů v různých kvalifikacích

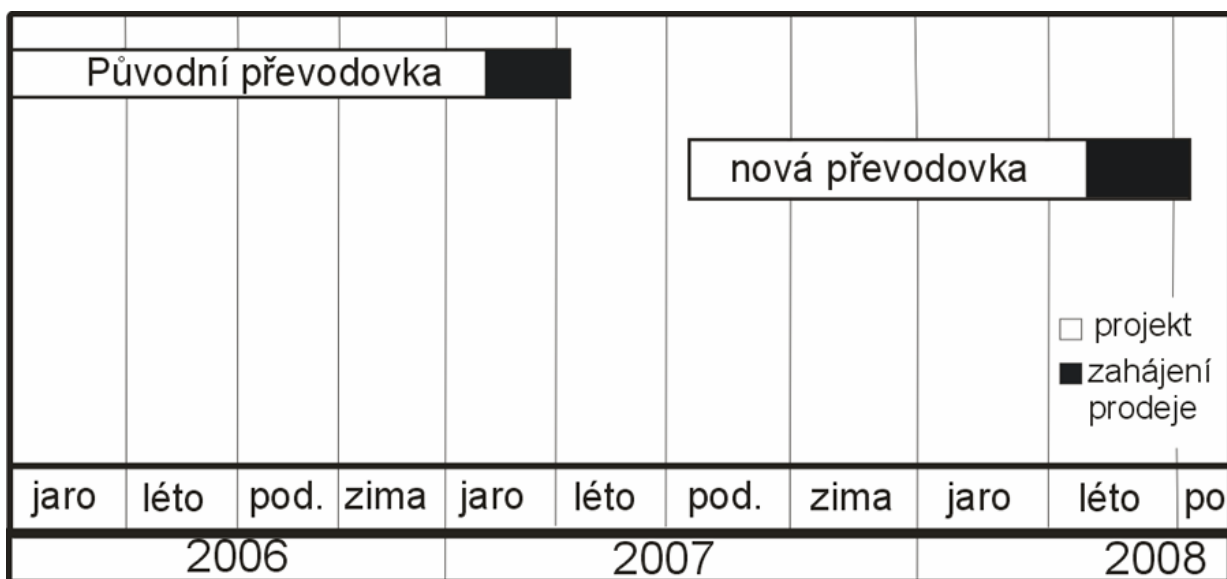
- potřeba zařízení pro uplatnění metody *rapid prototyping*
- potřeba pilotní haly/linky
- potřeba testovacího zařízení apod.

4.4 Vypracování harmonogramu

Rozložení inovačních projektů v čase je znázorněno ve standardním harmonogramu, který má zpravidla podobu úsečkového grafu. Při sestavování harmonogramu musíme vzít do úvahy několik důležitých faktorů jako je např. [2]:

- načasování doby uvedení výrobku na trh
- dostupnost ověřených technologií
- připravenost trhu
- harmonogramy konkurenčních výrobků

- Příklad harmonogramu (výrobního plánu) projektů původní a nové převodovky pro invalidní vozík eivo, který obsahuje informace o časovém rámci obou projektů, je ilustrován na obr. 7.



Obr. 7.: příklad harmonogramu projektu převodovky

4.5 Zformulování inovačních prohlášení

V tomto kroku musí být inovační návrh přeformulován do tzv. inovačního prohlášení (mise). Jedná se o dokument, který sumarizuje směry, které by měly být sledovány ve fázi vývoje výrobku. Toto prohlášení by mělo obsahovat následující informace[2]:

- výrobová vize (product vision statement) – jednověťový popis výrobku resp. klíčový přínos pro zákazníka
 - klíčové obchodní cíle (key business goals)
 - primární (cílový) trh (primary market)
 - podružné trhy (secondary market)
 - předpoklady a omezení (assumptions and constraints)
 - účastníci inovačního procesu (stakeholders)
-
- Převodovka by měla splňovat požadavky zákazníka. I přes její jednoduchost by však měla být spolehlivá a její životnost by neměla omezovat zákazníka při jejím užívání.
 - Nízké náklady na výrobu převodové skříně, potažmo invalidního vozíku Eivo, by měly pomoci při uplatnění výrobku na trhu orientovaného pro invalidní osoby, osoby s problematickým pohybem dolních končetin a starší osoby.

4.6 Revize výstupů a průběhu procesu

V závěru plánování inovace se musíme zabývat jednak revizí a kvalitou jednotlivých výstupů, jednak revizí a vlastním průběhem úvodní fáze inovačního procesu. Měli bychom si za účasti pracovníků z vývoje projít jednotlivé výstupy procesu plánování inovace a odpovědět na otázky typu [2]:

- Shromáždili jsme všechny zajímavé inovační příležitosti?
- Podporuje náš plán konkurenční strategii firmy?

-
- Uvážili jsme celé spektrum možností jak získat zdroje pro inovační projekty /výrobní platformy, outsourcing, zdroje a fondy EU, joint venture apod.)?
 - Je inovační prohlášení (mise) konzistentní?
 - Můžeme příště zlepšit proces plánování inovace? apod.

Jedná se o nejlepší a zároveň nejlevnější možnosti, jak odstranit nedostatky a „trhliny“ v inovačním procesu v době, než přejde do fáze tvorby výrobního konceptu.

5 Metody pro tvorbu konceptu výrobku

Proces vytváření konceptu inovovaného výrobku, jako další fáze inovačního procesu, se skládá z následujících dílčích aktivit

- identifikace zákaznických potřeb
- specifikace charakteristik výrobku
- generování konceptu inovovaného výrobku
- výběr nejlepšího výrobku
- ověřování zvoleného konceptu
- naplánování projektu

V této fázi musíme důsledně rozlišovat potřeby zákazníka (*customer needs, customer requirements*) a charakteristiky výrobku (*product specifications*).

Potřeby jsou plně nezávislé na jakémkoliv výrobku, který můžeme vyvinout. Nejsou tedy nějak specifické pro koncept, který se nakonec rozhodneme realizovat. Inovační tým by měl proto tyto potřeby přesně identifikovat bez ohledu na to, jak je následně uspokojí ve svém návrhu. Na druhé straně jsou charakteristiky výrobku plně závislé na konceptu, pro jehož realizaci se nakonec rozhodneme [2].

5.1 Identifikace zákaznických potřeb

Filozofie metod pro identifikaci zákaznických potřeb vychází ze snahy vytvořit vysoce kvalitní informační tunel mezi zákazníky na cílovém trhu a pracovníky podílejícími se na inovaci výrobku. Předpokladem úspěchu je to, že management a členové inovačního týmu, kteří bezprostředně ovlivňují charakteristiky výrobku, musí být v přímém kontaktu se zákazníky, a mít zkušenosti s chováním a používáním výrobku. Bez této přímé zkušenosti nemohou být technická řešení a zákonité kompromisy udělány dobře, a tím pádem nebudou objevena skutečně inovační řešení. Cílem metod zaměřených na identifikaci zákaznických potřeb je proto zejména [2]:

- identifikovat skryté a zřejmé potřeby zákazníka
- zajistit, že nebude opominuta žádná zásadní potřeba
- umožnit ověření vazby mezi potřebami a charakteristikami výrobku
- zaznamenat informace o zákaznických potřebách
- usnadnit porozumění jednotlivým potřebám zákazníků manažery a členy inovačního týmu

Identifikace zákaznických potřeb je dílčím procesem, skládajícím se z následujících pěti kroků:

1. sběr dat od zákazníků
2. interpretace dat
3. uspořádání potřeb do skupin
4. určení relativní významnosti jednotlivých potřeb
5. revize výsledků

sběr dat od zákazníků:

Jelikož je do současnosti prodáno jen malé množství těchto invalidních vozíků, a to po celé české republice, je sběr dat od uživatelů problematický. Zde jsme se tedy museli omezit pouze na dva uživatele, kteří vlastní tento vozík přibližně rok a pobývají ve zdejší kraji, dále na odborníky při jeho montáži, výrobě, konstruování a následném servisu, a zejména na požadavky vedení firmy:

interpretace dat:

Asi nejdůležitější inovace pro novou převodovou skřín by měla být v jejím zmenšení rozměrů, zejména ve směru osy zadní nápravy, a snížení její výrobní ceny oproti původní nebo kupované převodovce. Při výrobě by měly být maximálně využity možnosti ve vlastní firmě a tím co nejvíce sníženy nároky na kooperaci. Dalším neméně důležitým prvkem je zvýšení její spolehlivosti při řazení a vyvinutí nového, lepšího systému řazení. Výsledná hmotnost celé skříně by se neměla výrazně zvýšit. Dále musíme brát zřetel na lehkost a plynulost při řazení, kdy na řadicí páku musí být pro zařazení jiného rychlostního stupně vyvíjena síla adekvátní

fyzické zdatnosti zákazníka. Musí být zabezpečena jednoduchá montáž a demontáž celého zařízení, s tím souvisí i adekvátní počet potřebných dílů. Tvar převodovky pro její následné uchycení na zadní nápravu může také přispět k přinesení úspor, a to zejména v náročnosti při montáži.

Uspořádání potřeb do skupin:

Afinní diagram zákaznických potřeb, kde jsou jednotlivé, již interpretované, potřeby spořádány do skupin.

Afinní diagram zákaznických potřeb

Umístění převodové skříně

Musí být umístěna na zadní nápravě

Výstupní hřídel musí být umístěna na straně k diferenciálu

Motor a výstupní hřídel z převodovky musí být v jedné ose

Tvar převodové skříně musí umožňovat jednoduchou montáž na zadní nápravu

Uchycení a umístění převodovky musí umožňovat snadné napínání řetězu

Funkce převodovky

Převodovka má 2. rychlostní stupně

Převodovka splňuje rychlostní požadavky zákazníka

Spolehlivost při řazení

Stálost zařazeného rychlostního stupně

Minimální potřebná síla obsluhy při řazení

Přínosy převodovky

| |
|---|
| Snížení nákladů na výrobu |
| Úspora místa v prostoru zadní nápravy |
| Zjednodušení převodovky |
| Snížení počtu potřebných dílů |
| Možnost vlastního servisu převodovky |
| Minimální nároky na kooperaci |
| Spokojenost zákazníka |
| Použití standardních materiálů |
| Jednoduchá montáž a demontáž převodovky |

Relativní význam jednotlivých potřeb:

| Č. | Potřeba | Relativní význam |
|----|---|------------------|
| 1 | Zmenšení rozměrů (v ose zadní nápravy) | 5 |
| 2 | Spolehlivost při řazení | 4 |
| 3 | Snížení výrobní ceny | 5 |
| 4 | Zmenšení nároků na kooperaci | 4 |
| 5 | Snížení počtu potřebných dílů | 3 |
| 6 | Snadná montáž a demontáž | 3 |
| 7 | Snížení hmotnosti | 2 |
| 8 | Potřebná síla na zařazení rychlosti | 3 |
| 9 | Tvar převodovky pro snadnost její uchycení | 2 |
| 10 | Snadnost a jednoduchost napínání řetězu | 2 |
| 11 | Nastavitelná síla při řazení | 3 |
| 12 | Převodovku lze snadno demontovat ze zadní nápravy | 1 |

Tab.1: Význam zákaznických potřeb

5.2 Kreativní generování konceptu výrobku

Koncept je přibližný popis technologie, tvarů a funkčních principů inovovaného výrobku. Je popisem toho, jak výrobek uspokojí potřeby a požadavky zákazníků. Zpravidla má formu skici nebo hrubého 3-D modelu včetně stručného slovního popisu.

Zvládnutí procesu generování konceptu dává týmu jistotu, že dostatečně prověřil a prozkoumal celý „*prostor*“ alternativ a řešení [2].

5.3 Průzkum trhu

Každému inovačnímu procesu předchází průzkum trhu a analýza již známých řešení. I zde byl proveden průzkum v oblasti dvoustupňových převodovek. Komunikace s jinými firmami probíhala ve většině případech pomocí internetu. Bylo obesláno 8 firem vyrábějících různé převodovky a u několika z nich bylo nalezeno aspoň podobné řešení, které je vyžadováno u invalidního vozíku Eivo. Ovšem firmy si své know-how velice pečlivě brání, a tak je velmi těžké získat jakékoli podrobnější informace potřebné k důkladné studii nabízených převodovek podle inovačních postupů výběru nového výrobku. Samozřejmě každé zařízení má své výhody a nevýhody, a proto v níže uvedených bodech jsou uvedena nalezená řešení a poté zjištěné parametry porovnány s vlastními návrhy převodovek.

5.3.1 Převodovka - EP 120 2C

Firma MOTOR-GEAR s.r.o. sídlem Frenštát pod Radhoštěm, vyrábí a dodává převodovky.

Po spolupráci s jejich obchodním oddělením jsem vybral planetovou převodovku, přicházející za daných podmínek v úvahu k použití na invalidní vozík Eivo. Jedná se o planetovou převodovku válcového profilu o průměru 115 mm délce min. 177,8 mm a max. 229,4 mm. Motor se upevní čtyřmi šrouby na přírubu s roztečnou kružnicí 85 mm, vstupní otvor je v rozmezí 12,7 – 28 mm jak je uvedeno na obr. 9. Výstupní hřídel je plná s perem o průměru 25 mm.

Technické parametry:

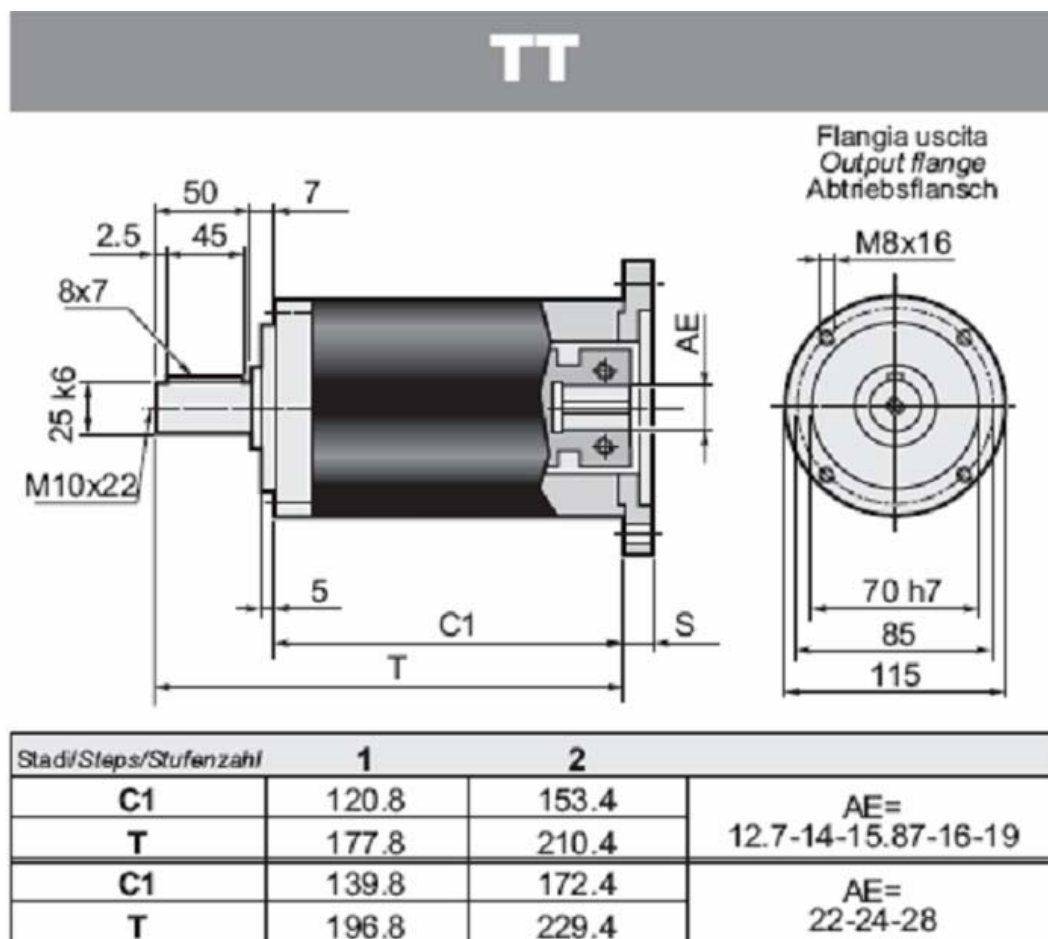
délka – 210,4 mm

hmotnost – 5,7 kg

cena zařízení: 15038.- Kč

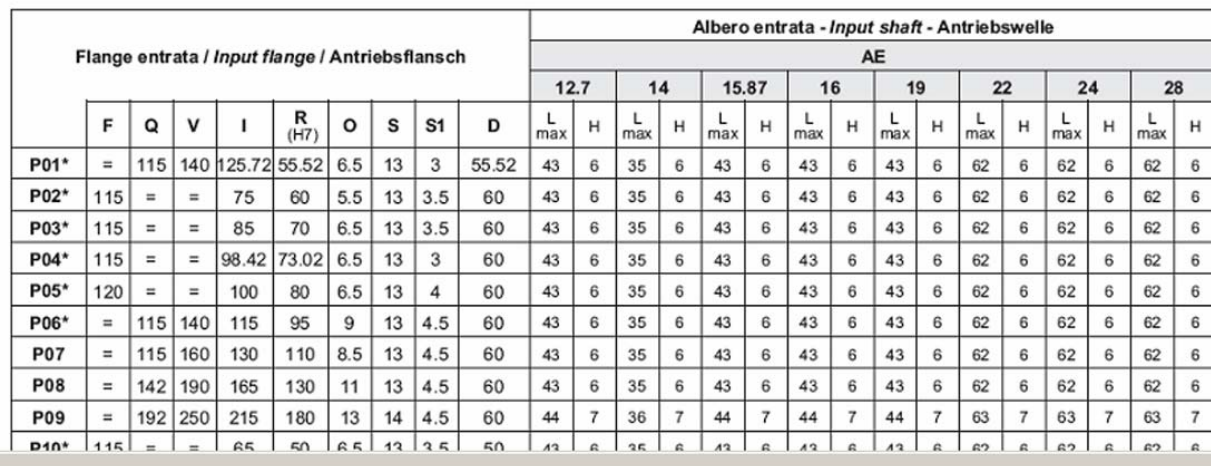
Převodovka - EP 120 2C 1:35 TT AE14 P03

<http://www.motorgear.cz/download/ep-planetove.pdf>



Obr.8.: Převodovka EP 120 2C

Obr.9.: Převodovka EP 120 2C



Obr.10.: Převodovka EP 120 2C

Druhá varianta převodovky je od firmy RONY ELEKTRONIC s.r.o.. Jedná se o planetovou převodovku o válcovém profilu o průměru cca 120 mm s motorem s permanentními magnety. Je zde k převodovce dodáván i motor o výkonu $P=540W$, který je napájen 24V.

Převodový poměr dvoustupňové převodovky je 13,73. Délka převodovky je 242 mm. Výstupní hřídel má průměr 32 mm a je opatřena perem.

Technické parametry:

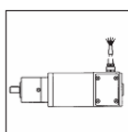
délka – 242 mm

hmotnost – 6 kg

cena převodovky - 24.923,-Kč

Převodovka - SPL 120 – 2NVCR

<http://www.rony-elektronik.cz/cgi-bin/rony.cgi?def=2>



Antriebsauswahl
Planetengetriebemotoren

Auswahltabelle:

SPL120 mit 13.120.75.1.2._

| P _N W | n ₂ min ⁻¹ | M ₂ Nm | c | i | Getriebetyp Motortyp | Auswahl |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------|------|--------|-------------------------|---------|
| 540 bei 24 V | 811 | 5,0 | 9,94 | 3,7 | SPL120-1NVCR | |
| | 444 | 9,2 | 5,45 | 6,75 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 218 | 17,5 | 8,57 | 13,73 | SPL120-2NVCR | |
| | 120 | 31,9 | 4,70 | 25,01 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 66 | 58,1 | 2,58 | 45,56 | | |
| | 59 | 64,9 | 4,62 | 50,89 | SPL120-3NVCR | |
| | 32 | 110,3 | 2,72 | 92,7 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 18 | 200,9 | 1,49 | 168,84 | | |
| 600 bei 160 V | 811 | 5,7 | 8,84 | 3,7 | SPL120-1NVCR | |
| | 444 | 10,3 | 4,85 | 6,75 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 218 | 19,7 | 7,63 | 13,73 | SPL120-2NVCR | |
| | 120 | 35,8 | 4,19 | 25,01 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 66 | 65,3 | 2,30 | 45,56 | | |
| | 59 | 72,9 | 4,12 | 50,89 | SPL120-3NVCR | |
| | 32 | 123,9 | 2,42 | 92,7 | 13.120.75.1.2._ | |
| | 18 | 225,7 | 1,33 | 168,84 | | |

Obr.11.: Převodovka SPL 120 2NVCR

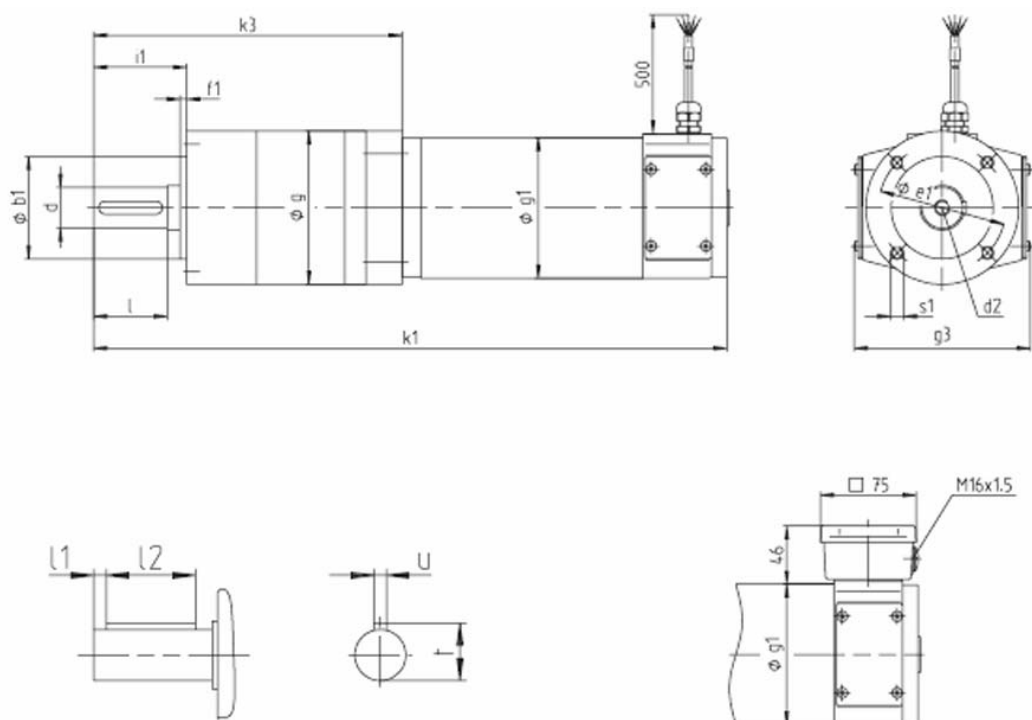
Zusätzliche Bestellangaben

| | | | |
|--------------------------------|------------------------------|--|--|
| Ausführung B-Seite | 0 = ohne Anbauten | | |
| | 1 = mit Bremse ²⁾ | | |
| | 4 = mit DC-Tacho | | |
| | 5 = mit AC-Tacho | | |
| | 6 = für Tacho-Anbau | | |
| | 7 = für Bremsen-Anbau | | |
| Bemessungsankerspannung | 24 V | | |
| | 160 V | | |
| Schutzart | IP54 | | |
| | IP55 | | |
| Motoranschluß | Kabel | | |
| | Klemmenkasten | | |
| Text | Stück: | | |
| | Preis/Stück: | | |

Fett = Serie

- ²⁾ Bitte bei Bestellung die Bremsenanschlußspannung angeben.
- 24 V DC Kabelanschluß
 - 205 V DC Kabelanschluß

Obr.12.: Převodovka SPL 120 2NVCR



| Motor typ | Übersetz. | b1 | d | d2 | e1 | f1 | g | g1 | g3 | i1 | k1 | k3 | l | l1 | l2 | s1 | r | u | Gewicht |
|----------------|-----------|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|--------|----|----|---------|
| | i | j7 | k6 | | | | | | | | | | | | | | | | ca. kg |
| 13.120.75.120 | 3.7:6.7 | | | | | | | | | | 463 | 208 | | | | | | | 15.8 |
| SPL120-...NVCR | 14...46 | 80 | 32 | M12 | 100 | 5 | 120 | 110 | 138 | 73 | 497 | 242 | 58 | 4 | 50 | M10x22 | 35 | 10 | 18.2 |
| IEC71B14C105 | 51...169 | | | | | | | | | | 531 | 276 | | | | | | | 20.6 |

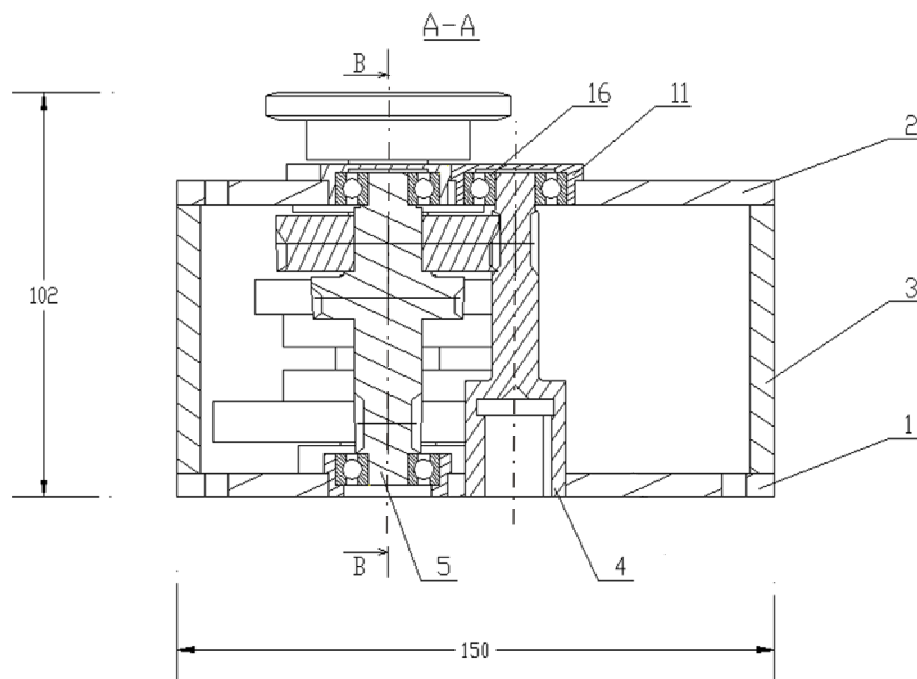
Obr.13.: Přebodovka SPL 120 2NVCR

5.4 Navrhnuté vlastní řešení

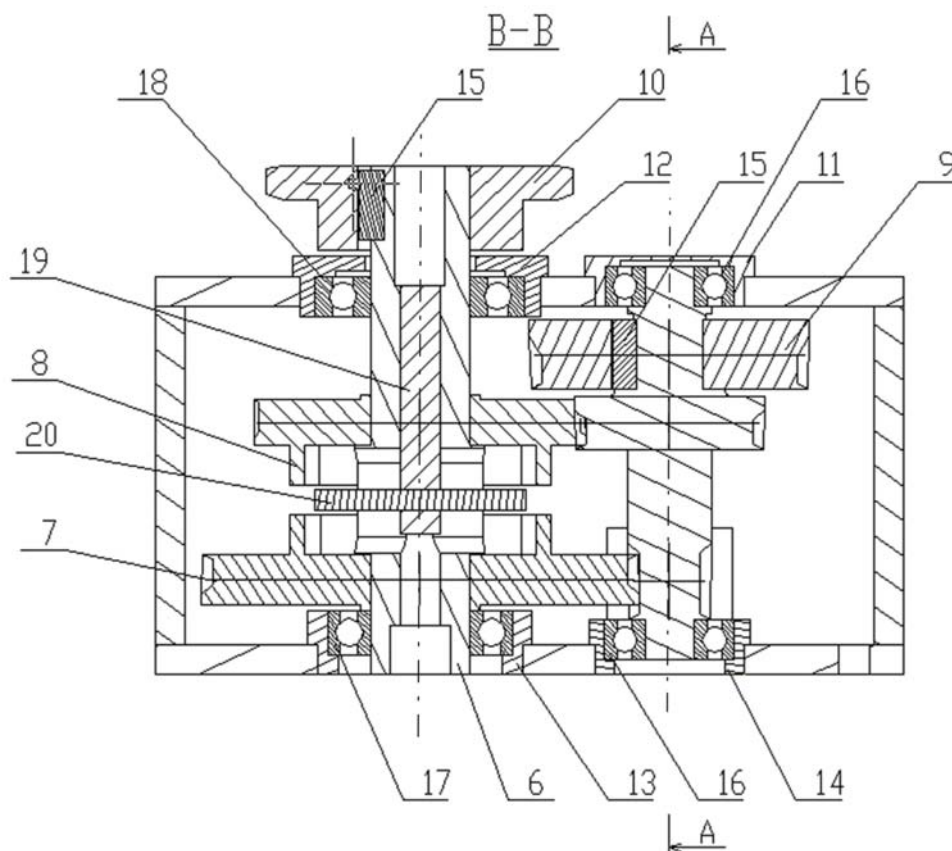
Vzhledem k tomu, že na trhu neexistují vhodné převodovky pro pohon vozíku, je nutné navrhnout a zkonstruovat převodovku, která bude co nejvíce vyhovovat potřebám zákazníka pro invalidní vozík.

5.4.1 Převodovka č.1

Zde byla opuštěna myšlenka již zmiňovaného problémového kruhovitěho tvaru skříně v nový výhodnější tvar čtverce. Rám skříně je vyříznut z obyčejného čtvercového profilu (ČSN 41 1523) o rozměrech 150x150x6 o délce 65,7mm. Je nutné, aby čela rámu byla přesně broušena. Obě víka jsou vypálena také ze standardního materiálu (ČSN 41 1523) o tloušťce 6 mm, a to novou technologií „laserem“, kdy jsou při jedné operaci vypáleny veškeré potřebné technologické otvory, a kromě následného vrtání závitů zde není nutná žádná další technologická operace. Také je zaručena souosost všech pálených děr a hran. Z toho vyplývá, že kompletní skříň se bude vyrábět ve firmě O.K. STAVEBNÍ s.r.o. a oproti nákladům na původní skříň převodovky zde dojde k nemalým úsporám..



Obr.14.: Sestava převodovky č.1 – řez A



Obr. 15.: Sestava převodovky č.1 – řez B

- | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1. Víko pravé – 1ks | 8. Ozubené kolo – 1ks | 15. Pero – 2ks |
| 2. Víko levé – 1ks | 9. Ozubené kolo – 1ks | 16. Ložisko – 3ks |
| 3. Rám – 1ks | 10. Řetězové kolo – 1ks | 17. Ložisko – 1ks |
| 4. Pastorek – 1ks | 11. Pouzdro – 2ks | 18. Ložisko – 1ks |
| 5. Předloková hřídel – 1ks | 12. Pouzdro – 1ks | 19. Tyčka – 1ks |
| 6. Hřídel – 1ks | 13. Kroužek – 1ks | 20. Kolík – 1ks |
| 7. Ozubené kolo – 1ks | 14. Kroužek – 1ks | |

Co se týče výroby ozubených kol, tak zde nepřipadá v úvahu výroba těchto kol ve vlastní firmě, jelikož firma nevlastní potřebné zařízení a technologie k jejich výrobě. Došlo však ke změně postavení hřídelí, kdy už nejsou v jedné rovině, ale jsou ve dvou rovinách a to tak, že předloková hřídel pos.5 je namáhána v jedné rovině od pastorku pos.4 a v rovině otočené o 90° od hřídele pos.6. Díky tomuto postavení hřídelí jsme docílili zmenšení rozměrů u nové převodovky. Použitý materiál na výrobu hřídelí a ozubených kol je jako u původní

převodovky materiál ČSN 41 4220, avšak zde je doporučeno povrch materiálu nitridovat do hloubky 0,3-0,4 mm.

Hřídele a ložiska jsou uložena v pouzdrech a kroužcích, které jsou vyráběny s takovou tolerancí, aby bylo zajištěno jejich snadné nalisování, použitá tolerance je většinou ($H8/h8$). Materiál je zde opět standardní snadno dostupná ocel ČSN 41 1523.

Z hlediska jednoduchosti konstrukce převodové skříně, a tím nemožnosti použití těsnících kroužků nebo gufer, je zde doporučeno zůstat u stávajícího mazání vazelinou.

Nové je zde provedení spojky a celkového řazení 1. a 2. rychlostního stupně. To umožňuje nová konstrukce ozubeného kola 1. rychlostního stupně pos.7 a 2. rychlostního stupně pos.8., které propojuje tyčka pos.19 do níž je nalisován kolík pos.20. Podrobnější popis funkce a sestavení nového řazení je dále v kapitole 6.1.1.

Technické parametry:

délka – 102 mm

hmotnost – 5,8 kg

cena převodovky – 12 500 Kč

5.4.2 Převodovka č.2

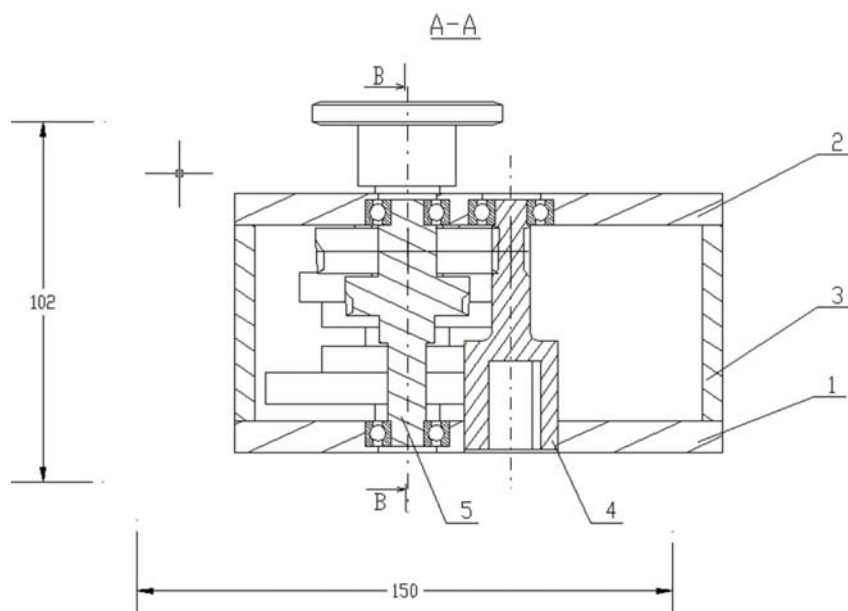
Druhá navržená varianta č.2 je rozšířením varianty č.1. Zde je zvolena větší tloušťka čelních vík 10 mm, což umožňuje odstranit všechna pouzdra a kroužky pro uložení ložisek, a toto uložení vyfrézovat přímo do těchto vík. Rám skříně je vyříznut z obyčejného čtvercového profilu o rozměrech 150x150x6 o délce 57,7mm. Ovšem nevýhodou je zvýšení hmotnosti skříně. Na druhou stranu se sníží počet potřebných součástí pro výrobu, montáž i demontáž převodovky. Použitý materiál je totožný jako u převodovky č.1.

Technické parametry:

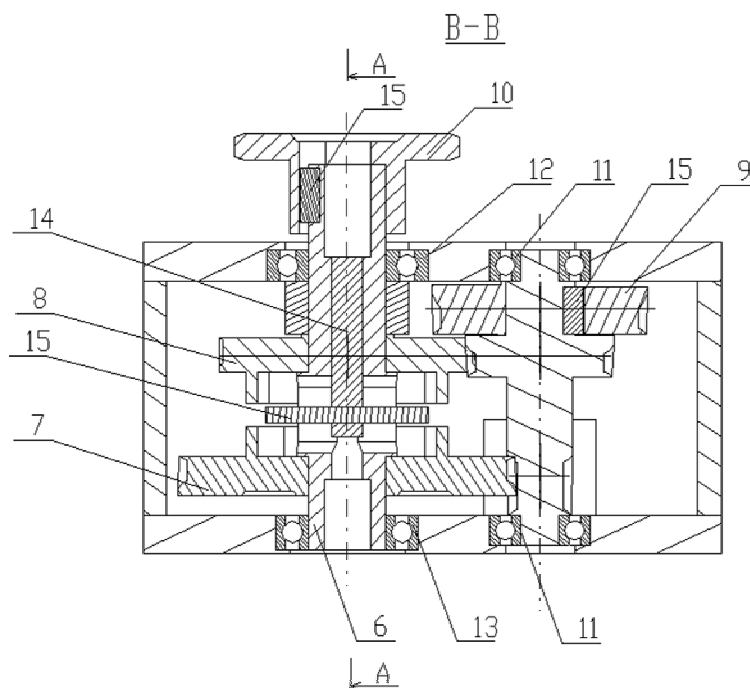
délka – 102 mm

hmotnost – 7,5 kg

cena převodovky – 12 500 Kč



Obr. 16.: Sestava převodovky č. 2 – řez A



Obr. 17.: Sestava převodovky č. 2 – řez B

- | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1. Víko pravé – 1ks | 6. Hřídel – 1ks | 11. Ložisko – 3ks |
| 2. Víko levé – 1ks | 7. Ozubené kolo – 1ks | 12. Ložisko – 1ks |
| 3. Rám – 1ks | 8. Ozubené kolo – 1ks | 13. Ložisko – 1ks |
| 4. Pastorek – 1ks | 9. Ozubené kolo – 1ks | 14. Tyčka – 1ks |
| 5. Předloková hřídel – 1ks | 10. Řetězové kolo – 1ks | 15. Kolík – 1ks |

5.5 Zhodnocení a výběr konceptu

Výběr konečného konceptu inovačního výrobku je interaktivní proces, při kterém se zabýváme zhodnocením vygenerovaných dílčích konceptů a výběrem jednoho nebo několika konceptů pro další vývoj, zlepšování a testování [2].

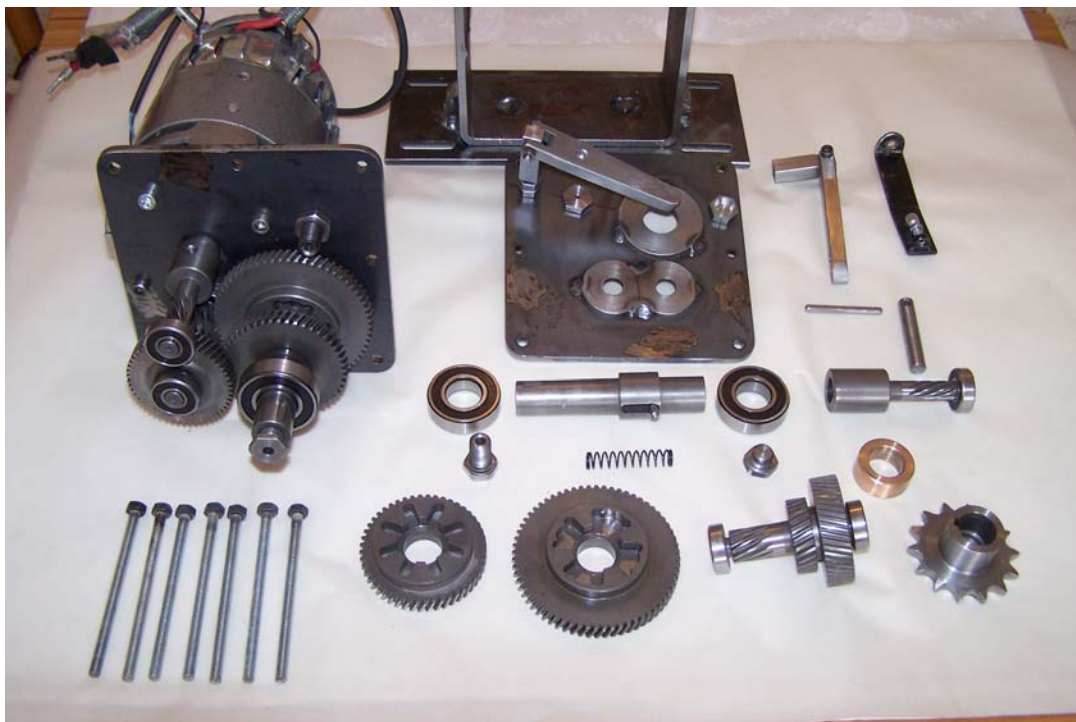
| Kritérium | Koncepty | | | | |
|------------------|----------|--------|---------|-----|-----|
| | původní | EP 120 | SPL 120 | č.1 | č.2 |
| rozměr | 0 | - | - | + | + |
| řazení | - | + | + | + | + |
| kooperace | - | - | - | + | + |
| počet dílů | - | + | + | 0 | 0 |
| montáž | 0 | + | + | 0 | + |
| hmotnost | + | + | + | + | - |
| tvár | 0 | 0 | 0 | + | + |
| servis | - | + | + | + | + |
| demontovatelnost | 0 | 0 | 0 | + | + |
| cena | - | 0 | - | 0 | 0 |
| součet (+) | 1 | 5 | 5 | 7 | 7 |
| součet (0) | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| součet (-) | 5 | 2 | 3 | 0 | 1 |
| skóre | -4 | 3 | 2 | 7 | 6 |
| pořadí | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| další postup | ne | ano | ne | ano | ano |

Tab.2.: Rozhodovací tabulka pro hrubé roztrídění konceptů

| Kritérium | váha | koncepty | | | | | |
|------------------|------|----------|-------------------|----------------|-------------------|---------|-------------------|
| | | EP 120 | | č.1 | | č.2 | |
| | | hodnota | Vážená Hodnota | hodnota | vážená hodnota | hodnota | vážená hodnota |
| rozměr | 20% | 2 | 0,40 | 5 | 1,00 | 5 | 1,00 |
| řazení | 15% | 5 | 0,75 | 4 | 0,60 | 4 | 0,60 |
| kooperace | 10% | 2 | 0,20 | 4 | 0,40 | 4 | 0,40 |
| počet dílů | 10% | 4 | 0,40 | 2 | 0,20 | 3 | 0,30 |
| montáž | 5% | 4 | 0,20 | 2 | 0,10 | 3 | 0,15 |
| hmotnost | 5% | 4 | 0,20 | 4 | 0,20 | 1 | 0,05 |
| tvar | ~5% | 2 | 0,10 | 4 | 0,20 | 4 | 0,20 |
| servis | 10% | 2 | 0,20 | 4 | 0,40 | 4 | 0,40 |
| demontovatelnost | 5% | 3 | 0,15 | 4 | 0,20 | 4 | 0,20 |
| cena | 15% | 3 | 0,45 | 4 | 0,60 | 3 | 0,45 |
| součet | | 3.05 | | 3.90 | | 3.75 | |
| pořadí | | 3. | | 1. | | 2. | |
| další postup | | ne | | ověřit na trhu | | ne | |

Tab.3.: Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů

Výběr vítězného konceptu podle explicitních a strukturovaných metod dopadl ve prospěch navrhovaného modelu převodovky a převodové skříně č.1. Tato skřín bude dále zkonstruována a vyrobena. Na obr. 18. jsou znázorněny rozložené díly nové převodovky č.1. Je zde vidět uložení sestavených hřídelí do víky, které je spojeno s motorem. Dále jsou zde vidět tyto díly demontované. Na obr. 19 je znázorněna už kompletní převodovka č.1 spojená s motorem.



Obr.18.: Demontovaná převodovka č.1



Obr.19.: Smontovaná převodovka č.1

6. DFX - metody pro detailní konstruování

Součástí inovačního procesu jsou samozřejmě i metody pro detailní konstruování, jejichž rozhodující část tvoří metody typu DFX (*Design for X*), kde X označuje oblast působení metod.

Cílem DFX metod je vytvoření co možná nejefektivnějšího modelu popisujícího reálný produkční proces. Metody DFX jsou využívány zejména tvůrčími pracovníky v oblasti návrhu výrobku a jeho výroby.

Metody typu DXF řeší vztah navrhovaných strojních celků s ohledem na jednoduchost, snadnost a rychlost výroby, montáže, demontáže, udržovatelnosti apod. Konstrukční práce, stejně jako práce spojené s přípravou výroby a technologií, ve velké míře determinují, jak je produkt vyráběn a co bude stát jeho výroba. Je dokázáno, že náklady a cenu výrobku ovlivníme zejména konstrukčním řešením výrobku.

Obecně platí úměra, že čím nižší náklady, tím větší reálná šance úspěchu v konkurenčním boji. Aby bylo dosaženo tohoto cíle musí konstrukce výrobku a jednotlivé díly splňovat například tyto požadavky [2]:

- díly musí být snadno vyrobitelné
- díly lze levně koupit
- maximální počet dílů by měl být standardizován
- díly by měly jít namontovat „jednou rukou, slepým člověkem v boxerských rukavicích“
- díly by měly být bez náročně vyrobitelných tolerancí
- konstrukce by měly mít minimum spojů
- výrobek lze vyrobit s použitím minimálního počtu přípravků
- díly by měly umožnit přednastavení orientace
- díly by měly být asymetrické pro snadné vychystání
- díly by měly být snadno uchopitelné a vložitelné
- preference dílů z jednoho typu materiálů
- díly by měly být snadno demontovatelné
- díly by měly být snadno a ekologicky recyklovatelné

6.1 Metoda DFA

Montáž výrobku je organizačně složitý a nákladný proces. K jeho zvládnutí je výhodné použít metodiku DFA (*Design for Assembly*) pro navrhování součástí s ohledem na jejich montáž) [2].

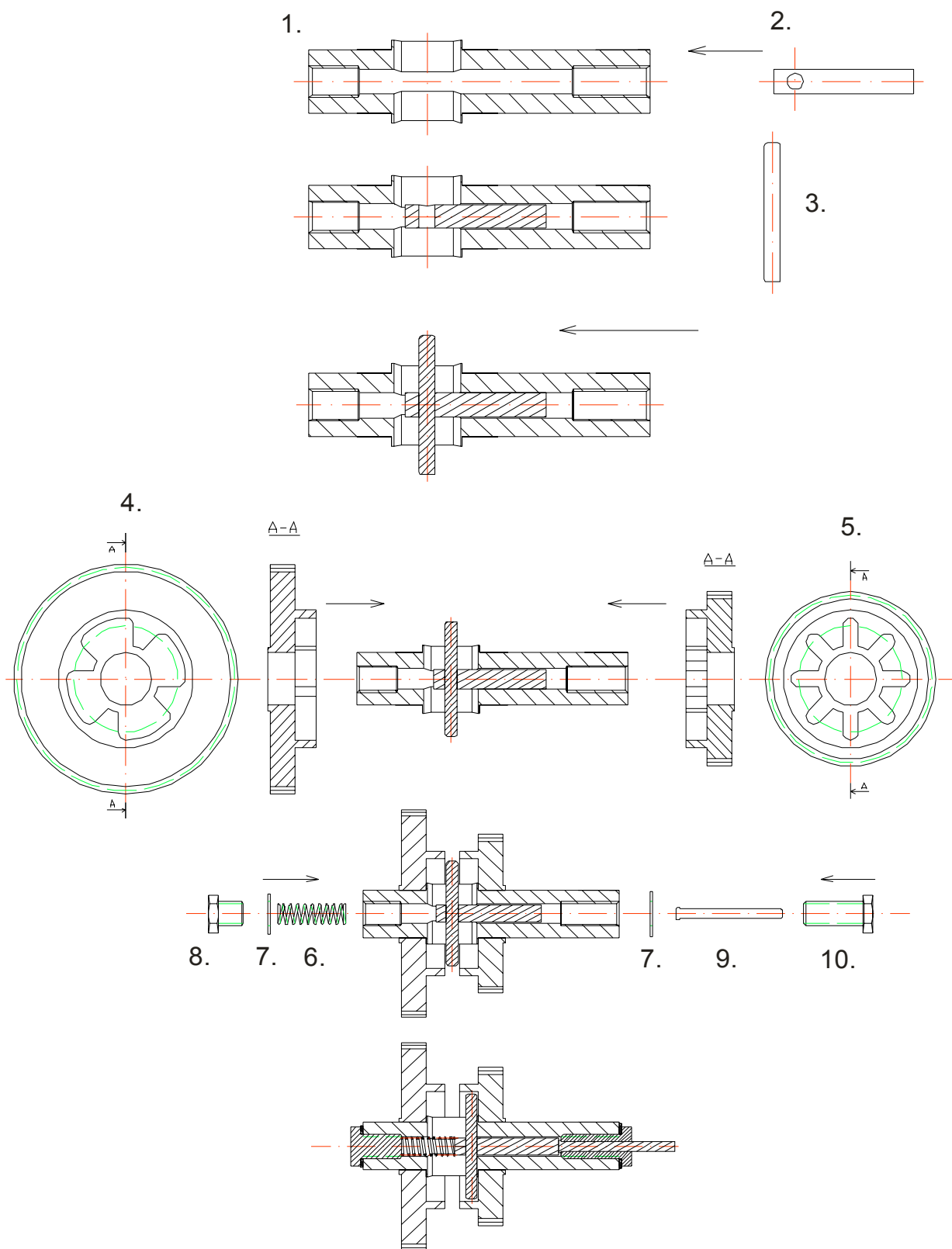
Sestavení a funkce nové spojky

Bylo potřeba udělat revoluční změnu v systému a funkci starého typu řazení a původní konstrukce spojky. Níže je stručně popsáno nové řešení a konstrukce spojky a přiloženo schéma její sestavení (obr.20, 21 a 22).

Do vyvrtaného otvoru v hřídeli 1 se nasune tyčka 2 s dírou kolmou na její osu tak, aby osa této díry směřovala ve stejném směru jako osa oválného otvoru hřídele. Do díry v tyčce 2 se nalisuje kolík 3, a to do polohy, kdy osa hřídele dělí tento kolík na polovinu. V dalším kroku se nasune kolo 1. rychlostního stupně a kolo 2. rychlostního stupně v poloze jako je na obrázku. V tomto stádiu přijde celá tato sestava uložit do určených ložisek již nalisovaných v pouzdrech a kroužcích usazených do obou vík.

Na straně kola 1. rychlostního stupně 4 se do hřídele 1 zasune pružina 6, a to celé se zašroubuje šroubem 8 s podložkou 7. Tento šroub zároveň slouží k sekundárnímu nastavení pružiny vyvozující tlak na zařazení druhého rychlostního stupně.

Na straně kola 2. rychlostního stupně 5, přijde do hřídele 4 nasunout kolík 9, a zašroubovat šroubem 10 a podložkou 7. Při stlačení tohoto kolíku 9 dojde k zařazení 1. rychlostního stupně a naopak při jeho uvolnění dojde , díky pružině 6 na opačné straně, k zařazení 2. rychlostního stupně. Pružina 6 zároveň zajišťuje stálé zařazení 2. rychlostního stupně před jeho případným „vypadnutí“.



Obr.20: Schéma sestavení nové spojky



Obr. 21: Detail sestavení nové spojky

Posouzení náročnosti montáže metodou LUCAS:

| Název | poz. | Funk.anal. | Mont. analýza | |
|---------------|-----------|------------|---------------|------|
| Hřídel | 1 | A | 1.1 | ① |
| Tyčka | 2 | B | 1.1 | 1.9 |
| Kolík | 3 | A | 1.3 | 6.5 |
| Kolo 1 | 4 | A | 1.1 | ① |
| Kolo 2 | 5 | A | 1.1 | 2.4 |
| Pružina | 6 | A | 1.1 | 2.4 |
| Podložka | 7 | B | 1.1 | 2.2 |
| Podložka | 7 | B | 1.1 | 1.6 |
| Šroub | 8 | B | 1.1 | 1.6 |
| Kolík | 9 | A | 1.1 | 4.2 |
| Šroub | 10 | B | 1.1 | 2.1 |
| | | | | 5.4 |
| | | | | 32.4 |
| Celkem | 11 | 6 | 12.7 | |

Tab4.: Vyhodnocení náročnosti montáže (optimalizovaný výrobek)

$$\text{Efektivnost návrhu sestavy} = \frac{"A"komponenty}{\sum komponent} = \frac{6}{11} \times 100\% = 54,5\%$$

$$\text{Poměr pomocných operací} = \frac{suma}{"A"komponenty} = \frac{12,7}{6} = 2,1$$

$$\text{Poměr spojovacích operací} = \frac{\sum spoj.operací}{"A"komponenty} = \frac{32,4}{6} = 6,0$$

6.2 Metoda DFM

Dodržování principů metody DFM (*Design for Manufacturing*) lze dosáhnout nízkých výrobních nákladů. Mezi tyto principy patří [2]:

- **Jednoduchost.** Výrobek s malým, počtem jednoduchých dílů s krátkou výrobní frekvencí bude cenově výhodný. Takovýto výrobek má snadný servis. Nepoužívejte komplikované, nepřehledné a komplikované tvary.
- **Standardní materiály a komponenty.** Z hlediska výroby je vhodné používat materiály s komponenty s širokým uplatněním, na které je příslušný výrobní potenciál. Je dobré používat standardní polotovary snadno objednatelné, s krátkými časovými termíny dodání.
- **Standardizovaný návrh konstrukce výrobku.** V případě, že se vyrábí několik druhů (typů) výrobků, je vhodné v návrhu těchto výrobků použít pro různé typové řady výrobků stejné komponenty, čímž lze ušetřit na nákladech na měření a testování dílů ve výrobě.
- **Volné tolerování.** Volné tolerování je v podstatě název pro netolerované rozměry. I netolerované rozměry se však musí vyrábět v dané toleranci příslušné normy. Čím vyšší přesnost rozměrů dílů bude předepsána na výkrese, tím vyšší bude cena ve výrobě. Požadované rozměrové přesnosti musí odpovídat i jakosti povrchu a hodnoty geometrických tolerancí. Stupeň přesnosti rozměrové tolerance je svázán s jakostí povrchu a geometrickými úchytkami i s cenou.

- Při navrhování dílů byla snaha o jejich jednoduchost. U mnoha dílů došlo k jejich zjednodušení, které je nejmarkantnější u rámu a vík skříně nové převodovky. Veškeré díly jsou navrženy ze standardních materiálů, s krátkými časovými termíny dodání. Veškeré přesnosti rozměrů dílů na výkrese jsou navrženy tak, aby nebyla zapříčiněna jejich zbytečná vysoká cena, která je z hlediska jejich technologičnosti a funkčnosti nepotřebná.

6.3 Metoda DFE

Metoda *Design for Environment* (DFE) řeší problémy spojené s dopadem výrobku na životní prostředí a je orientována třemi základními směry [2]:

návrh výrobku s ohledem na ekologickou výrobu

- netoxické procesy a výroby materiálu
- minimální energetickou spotřebu
- minimální vznik emisí
- minimalizace odpadu, zbytků a vedlejších produktů

návrh výrobku s ohledem na ekologické balení

- minimální spotřeba materiálu
- opětovně použitelné palety
- recyklovatelný obalový materiál
- biologicky odbouratelný materiál

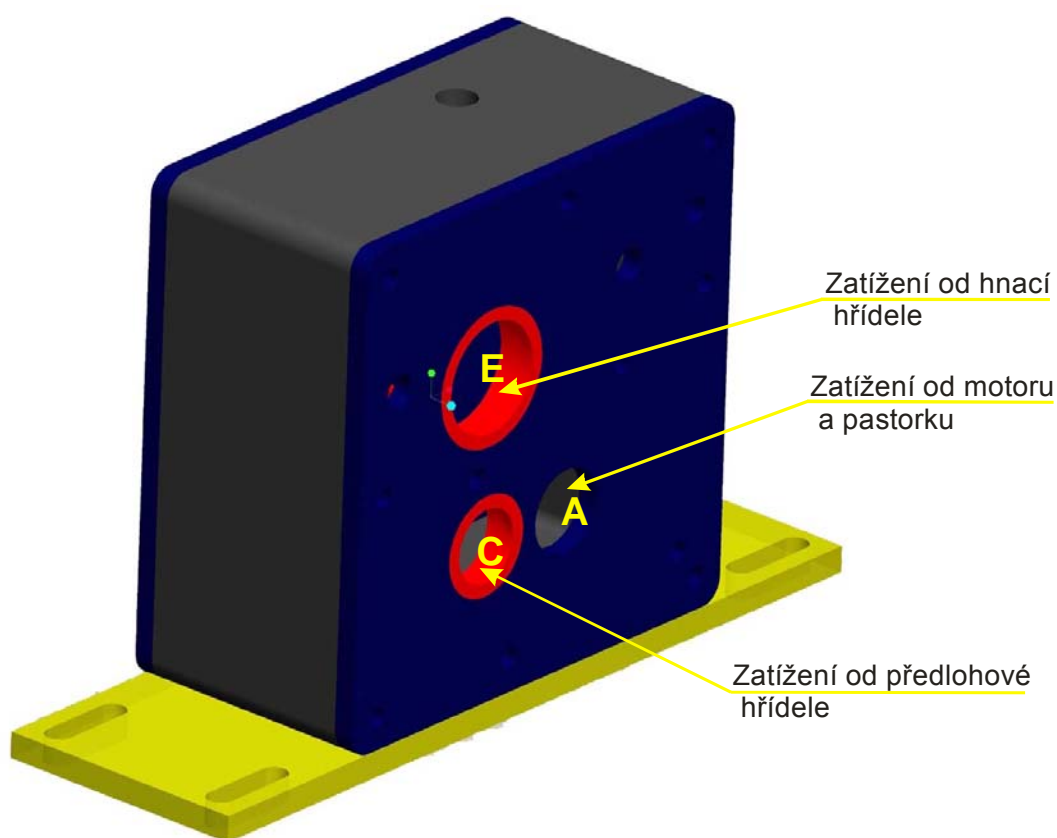
návrh výrobku s ohledem na odvoz a recyklaci

- volit opětovně využitelné, renovovatelné součásti a sestavy
- výběr materiálu z obnovitelných zdrojů
- minimalizace toxicity
- nepoužívat výplňový materiál do plastů jako jsou skelná vlákna a uhlík
- minimalizovat počet druhů materiálu, barevně rozlišit oddělitelné druhy materiálu

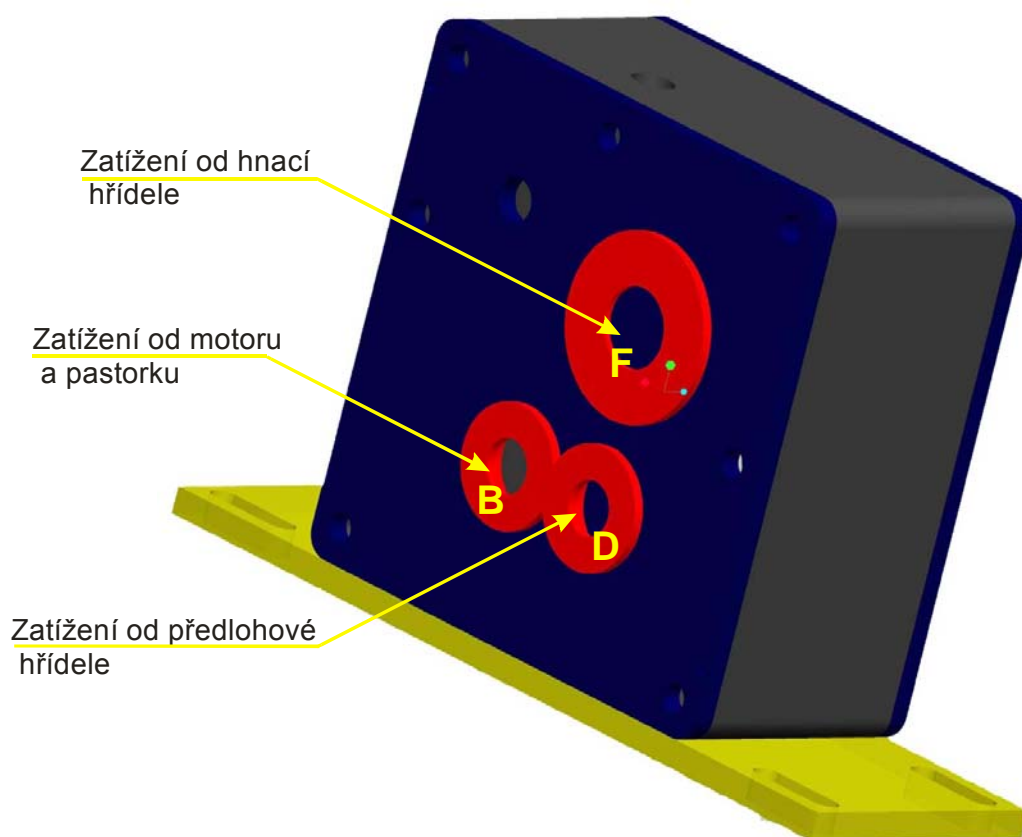
- identifikace materiálů k ulehčení třídění
 - konstruovat díly snadno demontovatelné a oddělitelné
 - zamezit použití lepidel
 - omezit kontaminaci lepidly, nátěry pokovování plastů
 - snažit se použít recyklovatelné materiály ve směsi s novým poprvé použitým materiálem
 - navrhovat výrobek z hlediska minimalizace nákladů na přípravu opravy
- Převodová skříň je navržena ze standardních materiálů, které jsou bez problémů recyklovatelné a jejich výroba je netoxická. Také vznik odpadů a zbytků je díky použitým technologiím minimální. Případnému úniku maziva ze skříně je zamezeno těsnícím tmelem. Skříň je možno demontovat do stejného stavu jako před vlastní montáží.
- Pouze u čpavkové nitridace některých dílů není zaručena absolutní ekologičnost. Dřívější výroba nitridovaných dílů a součástí byla z pohledu ekologie nevyhovující. Nicméně v dnešní době moderní přístroje zaručují i pro tuto technologii kalení povrchu minimální znečištění přírody nebo ovzduší.

7. Námařová analýza převodové skříně

Navržená skříně č.1 byla podrobena zatížení, které působí při chodu převodovky v místech uložení ložisek, a skrze ně se tyto síly přenášejí do stěn skříně. V celé převodovce jsou použita kuličková ložiska, kdy 5 ložisek je uloženo v pouzdrech a kroužkách ve skříní bod B, C, D, E, F (obr.20 a 21) a jedno ložisko je v motoru, ze kterého jsou přenášeny síly v bodě A. Výsledné síly působící v těchto bodech, jsou v následujících stránkách vypočítány, shrnuty a nakonec jsou zaneseny do modelu skříně v programu Ansys WorkBench 10.0.



Obr.21.: Zatížení od hřidelí na víko - pravé



Obr.22.: Zatížení od hřídelí na víko - levé

7.1 Výpočet sil v uložení

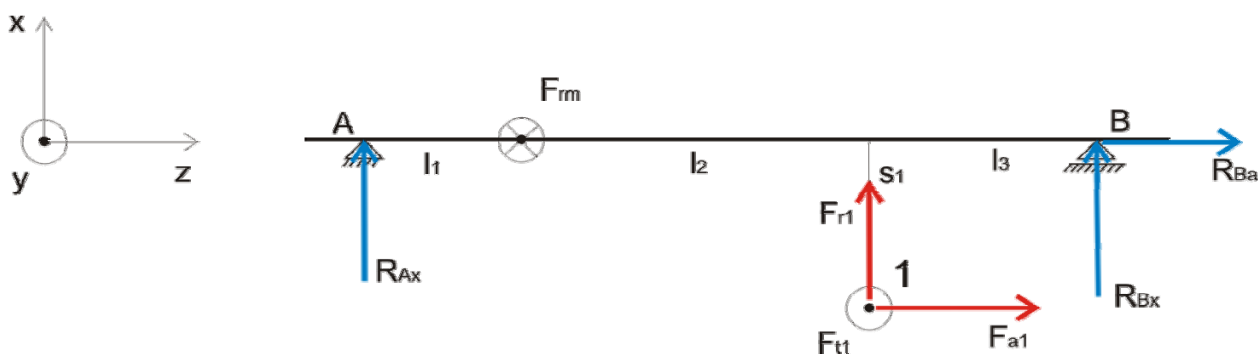
Při výpočtech sil působících v uložení vycházím z výsledků ze zatížení v ozubení, které jsou výsledkem při modelování v programu Pro ENGINEER Wildfire 2.0 – studentská verze. Na základě těchto údajů jsou odvozeny všechny následující síly působící v ozubení a jsou přenášeny až do skříně převodovky, jak je uvedeno v následujících výpočtech.

Pastorek:

Síly působící od motoru (síla F_{rm}) a pastorku (bod 1) do skříně převodovky (bod A a B).

$$\begin{aligned} F_{t1} &= 334,1N \\ F_{r1} &= 131,8N \\ \text{Zatížení v ozubení BOD1 –} \\ F_{a1} &= 121,6N \\ F_{n1} &= 379,3N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_1 &= 25mm \\ l_2 &= 49,5mm \\ l_3 &= 13,5mm \\ s_1 &= 4,79mm \end{aligned}$$



Obr.23.: Zatížení v ose x

z :

$$\begin{aligned} F_{a1} + R_{Ba} &= 0 \\ R_{Ba} &= -121,6N \end{aligned}$$

$$R_{Ba} = -121,6N$$

$x :$

$$R_{Ax} + F_{r1} + R_{Bx} = 0$$

$M_A :$

$$F_{r1} \cdot (l_1 + l_2) + F_{a1} \cdot s_1 + R_{Bx} (l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

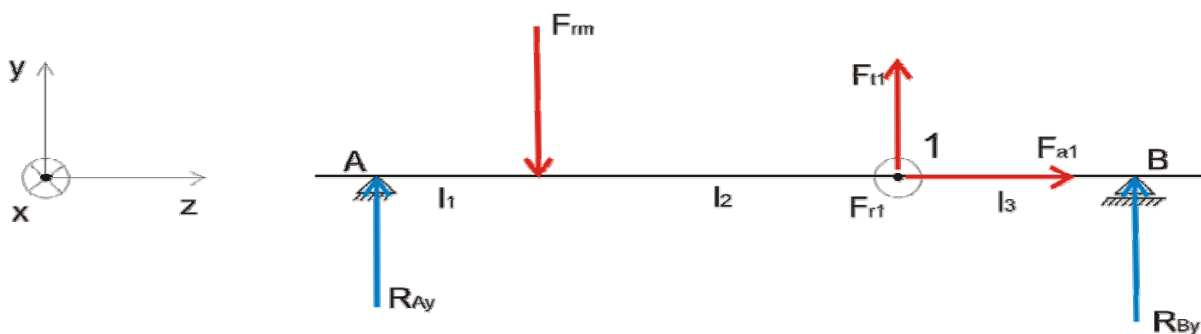
$$R_{Bx} = \frac{-F_{r1} \cdot (l_1 + l_2) - F_{a1} \cdot s_1}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{-131,8 \cdot 0,0745 - 121,6 \cdot 0,019}{0,088}$$

$$R_{Bx} = \frac{-9,82 - 2,31}{0,088} = -137 N$$

$$R_{Ax} = -F_{r1} - R_{Bx} = -131,8 + 137 = 5,2 N$$

$$R_{Ax} = 5,2 N$$

$$R_{Bx} = -137 N$$



Obr.24.: Zetížení v ose y

$y :$

$$R_{Ay} - F_{rm} + F_{t1} + R_{By} = 0$$

$M_A :$

$$-F_{rm} \cdot l_1 + F_{t1} \cdot (l_1 + l_2) + R_{By} (l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_{rm} \cdot l_1 - F_{t1} (l_1 + l_2)}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{5 - 24,9}{0,088}$$

$$R_{By} = -226,1 N$$

$$R_{Ay} = F_{rm} - F_{t1} - R_{By} = 200 - 334,1 + 226,1 = 92 N$$

$$R_{Ay} = 92 N$$

$$R_{By} = -226,1 N$$

Výsledné síly:

$$R_{Ar} = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{5,2^2 + 92^2} = 92\,N$$

$$R_{Br} = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{-137^2 + (-226,1)^2} = 262\,N$$

$$R_{Ar} = 92\,N$$

$$R_{Br} = 262\,N$$

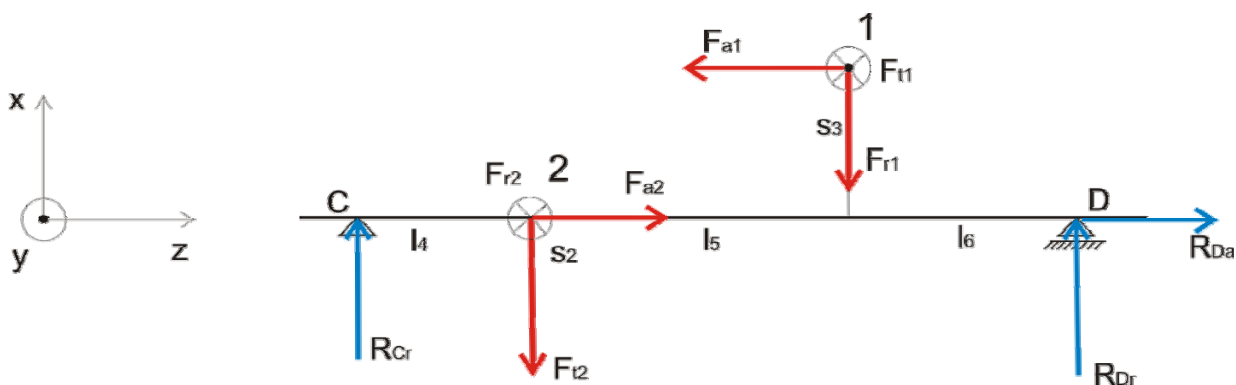
Předlohov^á hřídel: 1. rychlostní stupeň

Síly působící od předlohov^é hřídele do skříně převodovky (bod C a D). Zde působí dvě síly zároveň. Síla od ozubeného kola poháněného pastorkem (bod 1) a síla od zařazeného 1. rychlostního stupně (bod 2).

$$\begin{aligned} F_{t1} &= 334,1N \\ F_{r1} &= 131,8N \\ \text{Zatížení v ozubení BOD1} - F_{a1} &= 121,6N \\ F_{n1} &= 379,3N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{t2} &= 1202,8N \\ F_{r2} &= 272,2N \\ \text{Zatížení v ozubení BOD2} - F_{a2} &= 437,8N \\ F_{n2} &= 1365,5N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= 11,5mm \\ l_5 &= 46,5mm \\ l_6 &= 14,2mm \\ s_2 &= 7,3mm \\ s_3 &= 27,1mm \end{aligned}$$



Obr.25.: Zetížení v ose x

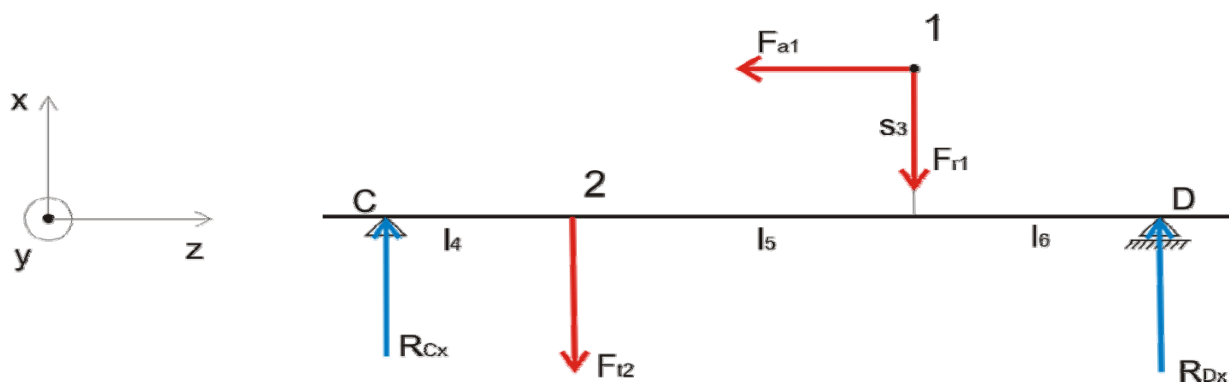
z :

$$R_{Da} - F_{a1} + F_{a2} = 0$$

$$R_{Da} = F_{a1} - F_{a2}$$

$$R_{Da} = 121,6 - 437,8 = -316,2N$$

$$R_{Da} = -316,2N$$



Obr.26: Zetížení v ose x

x :

$$R_{Cx} - F_{t2} - F_{r1} + R_{Dx} = 0$$

M_C :

$$-F_{t2} \cdot l_4 + F_{a1} \cdot s_3 - F_{r1} \cdot (l_4 + l_5) + R_{Dx} (l_4 + l_5 + l_6) = 0$$

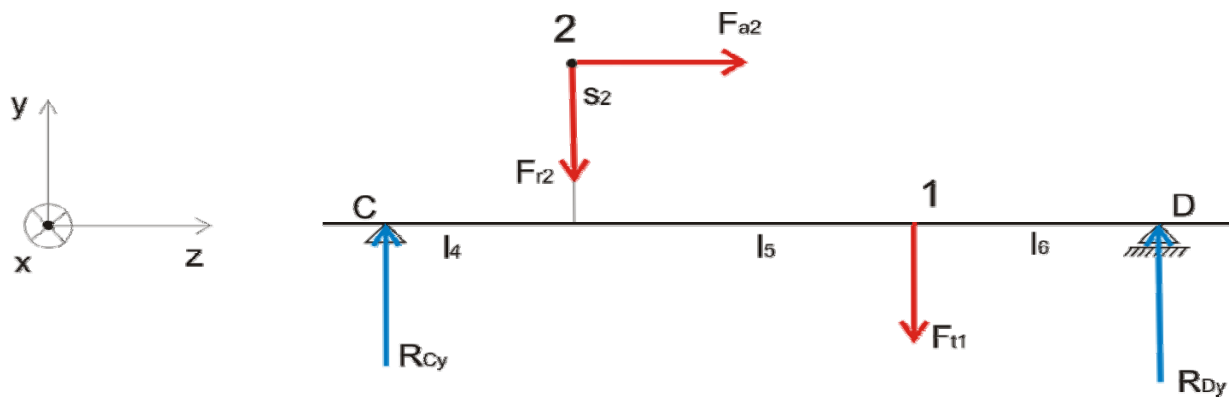
$$R_{Dx} = \frac{F_{t2} \cdot l_4 - F_{a1} \cdot s_3 + F_{r1} \cdot (l_4 + l_5)}{l_4 + l_5 + l_6} = \frac{1202,8 \cdot 0,0115 - 121,6 \cdot 0,0271 + 131,8(0,0115 + 0,0465)}{0,0722}$$

$$R_{Dx} = \frac{13,832 - 3,295 + 7,64}{0,0722} = 251N$$

$$R_{Cx} = F_{t2} + F_{r1} - R_{Dx} = 1202,8 + 131,8 - 251 = 1083,6N$$

$$R_{Cx} = 1083,6N$$

$$R_{Dx} = 251N$$



Obr.27.: Zetížení v ose y

y :

$$R_{Cy} - F_{r2} - F_{t1} + R_{Dy} = 0$$

M_C :

$$-F_{a2} \cdot s_2 - F_{r2} \cdot l_4 - F_{t1} \cdot (l_4 + l_5) + R_{Dy} (l_4 + l_5 + l_6) = 0$$

$$R_{Dy} = \frac{F_{a2} \cdot s_2 + F_{r2} \cdot l_4 + F_{t1} \cdot (l_4 + l_5)}{l_4 + l_5 + l_6} = \frac{437,8 \cdot 0,0073 + 474,2 \cdot 0,0115 + 334,1 \cdot (0,0115 + 0,0465)}{0,0722}$$

$$R_{Dy} = \frac{3,19 + 5,45 + 19,38}{0,0722} = 388,1 N$$

$$R_{Cy} = F_{r2} + F_{t1} - R_{Dy} = 474,2 + 334,1 - 388,1 = 420,2 N$$

$$R_{Cy} = 420,2 N$$

$$R_{Dy} = 388,1 N$$

Výsledné síly:

$$R_{Cr} = \sqrt{R_{Cx}^2 + R_{Cy}^2} = \sqrt{1083,6^2 + 420,2^2} = 1162 N$$

$$R_{Dr} = \sqrt{R_{Dx}^2 + R_{Dy}^2} = \sqrt{251^2 + 388,1^2} = 462 N$$

$$R_{Cr} = 1162 N$$

$$R_{Dr} = 462 N$$

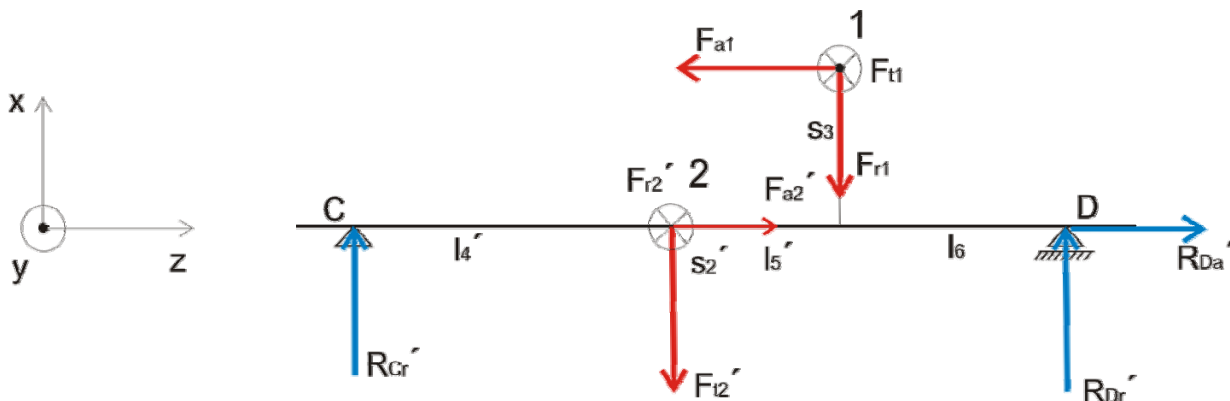
Předlohov^á hřídel: 2. rychlostní stupeň

Síly působící od předlohov^é hřídele do skříně převodovky (bod C a D). Zde působí dvě síly zároveň. Síla od ozubeného kola poháněného pastorkem (bod 1) a síla od zařazeného 2. rychlostního stupně (bod 2).

$$\begin{aligned} F_{t1} &= 334,1N \\ \text{Zatížení v ozubení BOD1} - F_{r1} &= 131,8N \\ F_{a1} &= 121,6N \\ F_{n1} &= 379,3N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{t2}' &= 490N \\ \text{Zatížení v ozubení BOD2'} - F_{r2}' &= 193,2N \\ F_{a2}' &= 178,4N \\ F_{n2}' &= 556,3N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4' &= 43,7mm \\ l_5' &= 14,3mm \\ l_6 &= 14,2mm \\ s_2' &= 17,96mm \\ s_3 &= 27,1mm \end{aligned}$$



Obr.28.: Zatížení v ose x

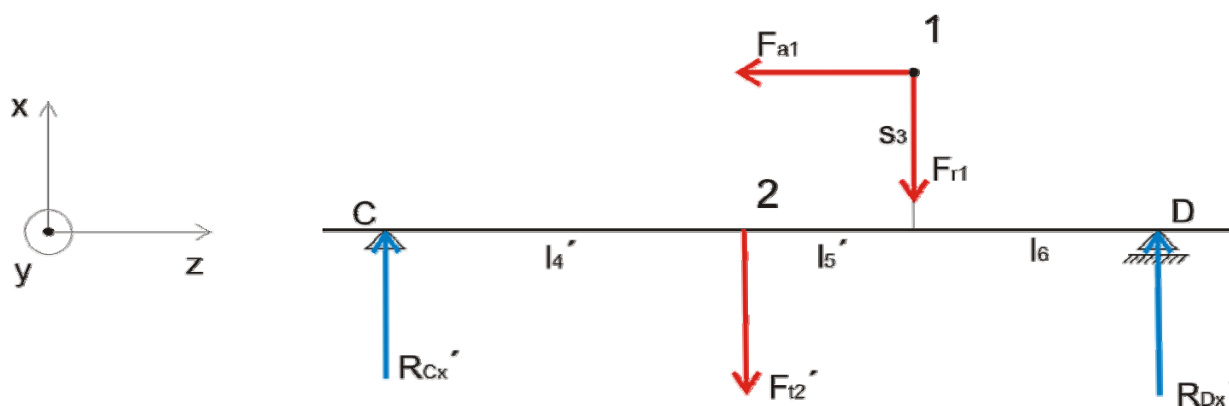
z :

$$R_{Da}' - F_{a1} + F_{a2}' = 0$$

$$R_{Da}' = F_{a1} - F_{a2}'$$

$$R_{Da}' = 121,6 - 178,4 = -56,8N$$

$$R_{Da}' = -56,8N$$



Obr.29.: Zetížení v ose x

x :

$$R_{Cx}' - F_{t2}' - F_{r1} + R_{Dx}' = 0$$

$$M_C':$$

$$-F_{t2}' \cdot l_4' + F_{a1} \cdot s_3 - F_{r1} \cdot (l_4' + l_5') + R_{Dx}' (l_4' + l_5' + l_6) = 0$$

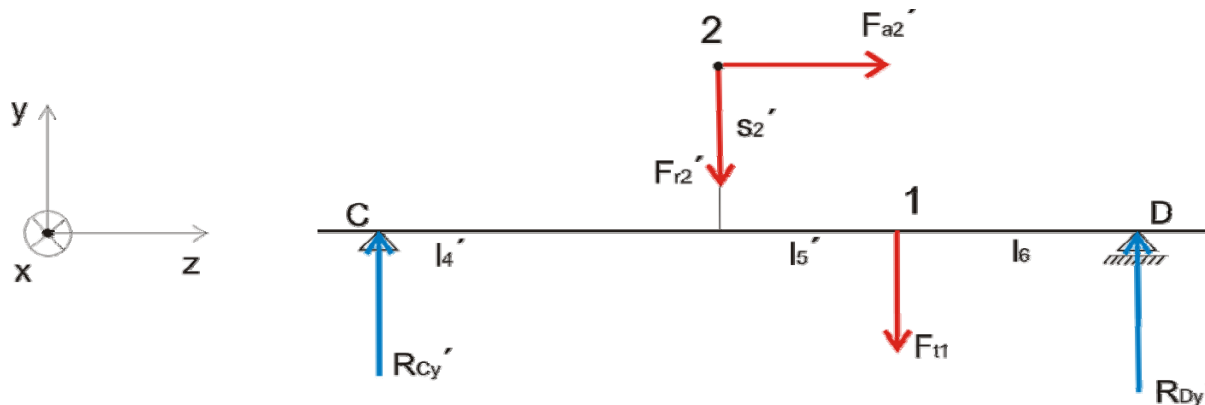
$$R_{Dx}' = \frac{F_{t2}' \cdot l_4' - F_{a1} \cdot s_3 + F_{r1} \cdot (l_4' + l_5')}{l_4 + l_5 + l_6} = \frac{490 \cdot 0,0437 - 121,6 \cdot 0,0271 + 131,8(0,0437 + 0,0143)}{0,0722}$$

$$R_{Dx}' = \frac{21,4 - 3,295 + 7,64}{0,0722} = 356,6N$$

$$R_{Cx}' = F_{t2}' + F_{r1} - R_{Dx}' = 490 + 131,8 - 356,6 = 265,2N$$

$$R_{Cx}' = 265,2N$$

$$R_{Dx}' = 356,6N$$



Obr.30.: Zetížení v ose y

y:

$$R_{Cy}' - F_{r2}' - F_{t1} + R_{Dy}' = 0$$

M_C :

$$-F_{a2}' \cdot s_2' - F_{r2}' \cdot l_4' - F_{t1} \cdot (l_4' + l_5') + R_{Dy}' \cdot (l_4' + l_5' + l_6') = 0$$

$$R_{Dy}' = \frac{F_{a2}' \cdot s_2' + F_{r2}' \cdot l_4' + F_{t1} \cdot (l_4' + l_5')}{l_4' + l_5' + l_6'} = \frac{178,4 \cdot 0,01796 + 193,2 \cdot 0,0437 + 334,1 \cdot (0,0437 + 0,0143)}{0,0722}$$

$$R_{Dy}' = \frac{3,2 + 8,44 + 19,38}{0,0722} = 429,6 \text{ N}$$

$$R_{Cy}' = F_{r2}' + F_{t1} - R_{Dy}' = 193,2 + 334,1 - 429,6 = 97,7 \text{ N}$$

$$R_{Cy}' = 97,7 \text{ N}$$

$$R_{Dy}' = 429,6 \text{ N}$$

Výsledné síly:

$$R_{Cr}' = \sqrt{R_{Cx}'^2 + R_{Cy}'^2} = \sqrt{265,2^2 + 97,7^2} = 283 \text{ N}$$

$$R_{Dr}' = \sqrt{R_{Dx}'^2 + R_{Dy}'^2} = \sqrt{356,6^2 + 429,6^2} = 558 \text{ N}$$

$$R_{Cr}' = 283 \text{ N}$$

$$R_{Dr}' = 558 \text{ N}$$

Hnací hřídel: 1. rychlostní stupeň

Síly působící od hnací hřídele do skříně převodovky (bod E a F). Zde působí dvě síly zároveň. Síla od ozubeného kola 1. rychlostního stupně bod (2) a síla od řetězového kola $F_{tř}$, zde uvažujeme pouze tečnou sílu od řetězového kola.

$$F_{t2} = 1202,8 N$$

$$F_{r2} = 474,2 N$$

$$\text{Zatížení v ozubení BOD2} - F_{a2} = 437,8 N$$

$$F_{n2} = 1365,5 N$$

$$F_{tř} = 1012 N$$

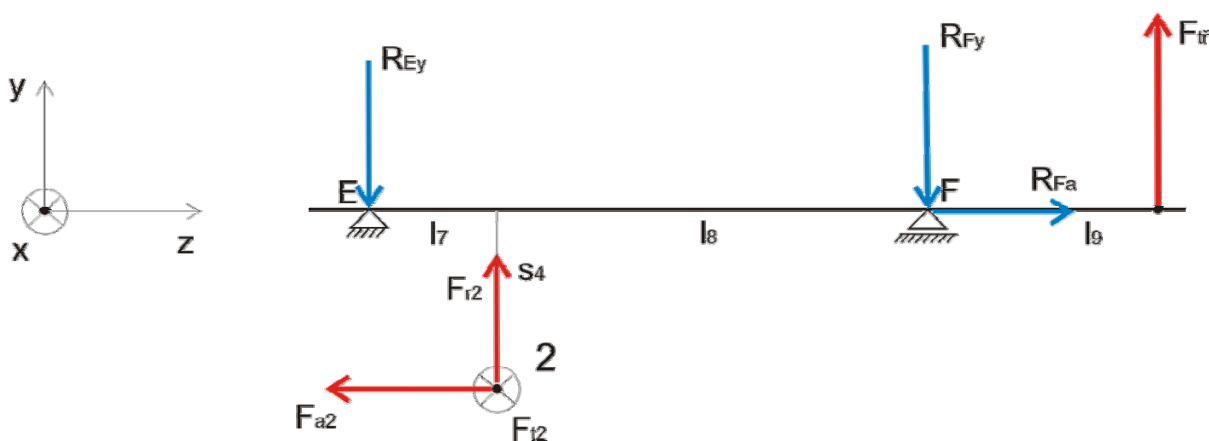
$$l_7 = 11,5 mm$$

$$l_8 = 56,7 mm$$

$$l_9 = 30 mm$$

$$s_4 = 42,6 mm$$

$$s_5 = 28,5 mm$$



Obr.31.: Zatížení v ose y

z :

$$-F_{a2} + R_{Fa} = 0$$

$$R_{Fa} = F_{a2}$$

$$R_{Fa} = -437,8N$$

$$R_{Fa} = -437,8N$$

y :

$$-R_{Ey} + F_{r2} - R_{Fy} + F_{tř} = 0$$

M_E :

$$F_{r2} \cdot l_7 - F_{a2} \cdot s_4 - R_{Fy} \cdot (l_7 + l_8) + F_{tř} \cdot (l_7 + l_8 + l_9) = 0$$

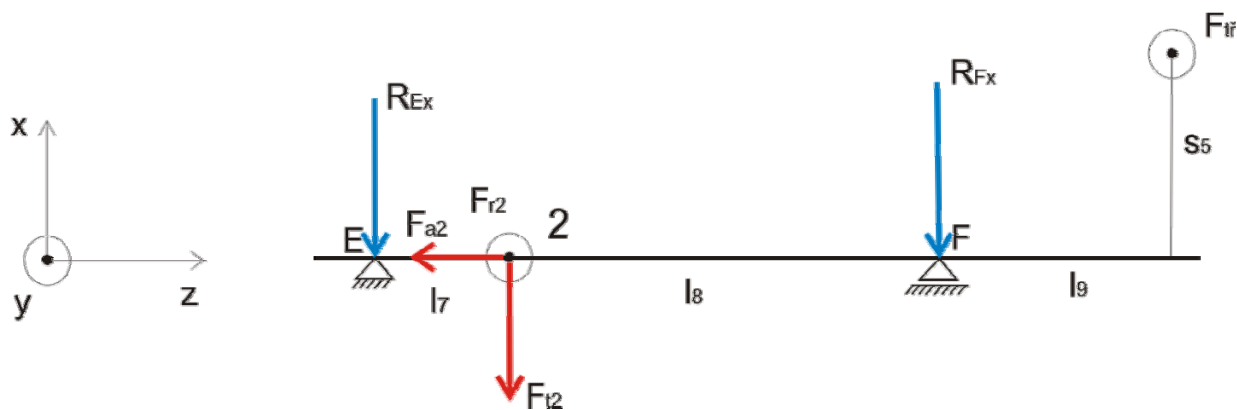
$$R_{Fy} = \frac{F_{r2} \cdot l_7 - F_{a2} \cdot s_4 + F_{tř} \cdot (l_7 + l_8 + l_9)}{l_7 + l_8} = \frac{5,45 - 18,65 + 99,4}{0,0682}$$

$$R_{Fy} = 1263,9N$$

$$R_{Ey} = F_{r2} - R_{Fy} + F_{tř} = 474,2 - 1263,9 + 1012 = 222,3N$$

$$R_{Ey} = 222,3N$$

$$R_{Fy} = 1263,9N$$



Obr.32.: Zatížení v ose x

$x :$

$$-R_{Ex} - F_{t2} - R_{Fx} = 0$$

$M_E :$

$$-F_{t2} \cdot l_7 - R_{Fx} \cdot (l_7 + l_8) = 0$$

$$R_{Fx} = \frac{-F_{t2} \cdot l_7}{l_7 + l_8} = \frac{-1202,8 \cdot 0,0115}{0,0682} = -202,8 N$$

$$R_{Ex} = -F_{t2} - R_{Fx} = -1202,8 + 202,8 = -1000 N$$

$$R_{Ex} = -1000 N$$

$$R_{Fx} = -202,8 N$$

Výsledné síly:

$$R_{Er} = \sqrt{R_{Ex}^2 + R_{Ey}^2} = \sqrt{1000^2 + 222,3^2} = 1024 N$$

$$R_{Fr} = \sqrt{R_{Fx}^2 + R_{Fy}^2} = \sqrt{202,8^2 + 1263,9^2} = 1280 N$$

$$R_{Er} = 1024 N$$

$$R_{Fr} = 1280 N$$

Hnací hřídel: 2. rychlostní stupeň

Síly působící od hnací hřídele do skříně převodovky (bod E a F). Zde působí dvě síly zároveň.

Síla od ozubeného kola 2. rychlostního stupně bod (2) a síla od řetězového kola F_{tř}, zde uvažujeme pouze tečnou sílu od řetězového kola.

$$F_{t2}' = 490\text{ N}$$

$$F_{r2}' = 193,2\text{ N}$$

$$\text{Zatížení v ozubení BOD2}' - F_{a2}' = 178,4\text{ N}$$

$$F_{n2}' = 556,3\text{ N}$$

$$F_{tr}' = 1012\text{ N}$$

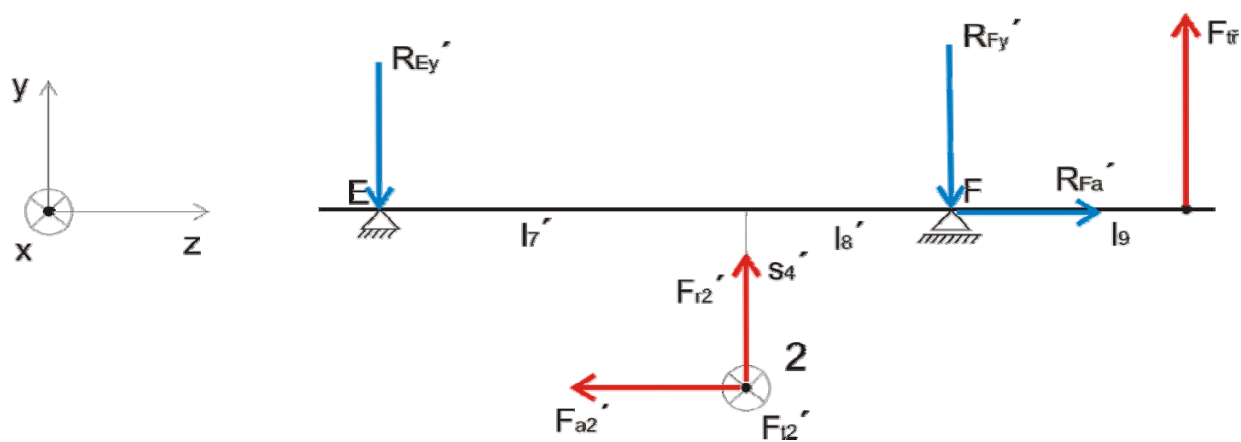
$$l_7' = 43,5\text{ mm}$$

$$l_8' = 24,7\text{ mm}$$

$$l_9 = 30\text{ mm}$$

$$s_4' = 31,925\text{ mm}$$

$$s_5 = 28,5\text{ mm}$$



Obr.33.: Zatížení v ose y

z :

$$-F_{a2}' + R_{Fa}' = 0$$

$$R_{Fa}' = F_{a2}'$$

$$R_{Fa}' = -178,4\text{ N}$$

$$R_{Fa}' = -178,4\text{ N}$$

y :

$$-R_{Ey}' + F_{r2}' - R_{Fy}' + F_{tř} = 0$$

M_E :

$$F_{r2}' \cdot l_7' - F_{a2}' \cdot s_4' - R_{Fy}' \cdot (l_7' + l_8') + F_{tř} \cdot (l_7' + l_8' + l_9) = 0$$

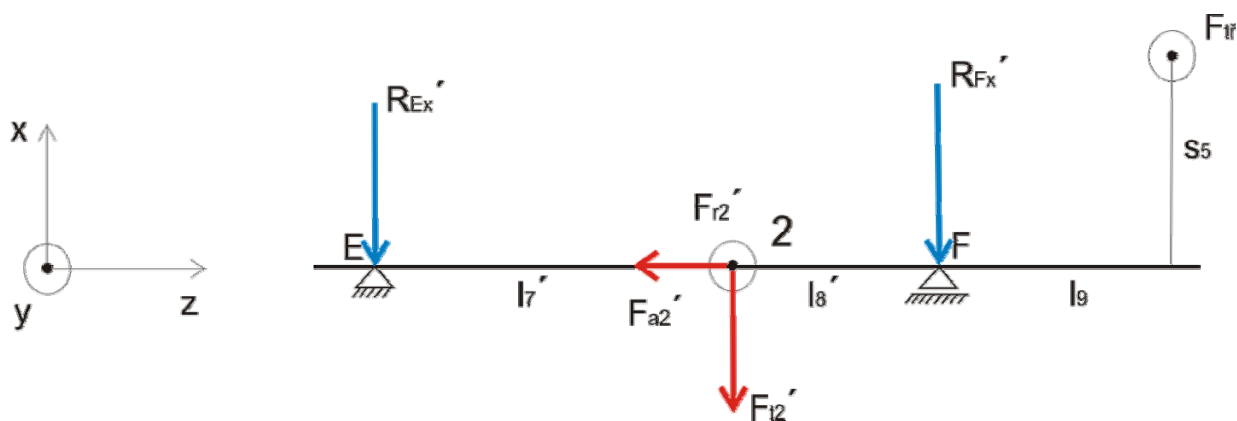
$$R_{Fy}' = \frac{F_{r2}' \cdot l_7' - F_{a2}' \cdot s_4' + F_{tř} \cdot (l_7' + l_8' + l_9)}{l_7' + l_8'} = \frac{8,4 - 5,7 + 99,4}{0,0682}$$

$$R_{Fy}' = 1497 N$$

$$R_{Ey}' = F_{r2}' - R_{Fy}' + F_{tř} = 193,2 - 1497 + 1012 = -291,8 N$$

$$R_{Ey}' = -291,8 N$$

$$R_{Fy}' = 1497 N$$



Obr.34.: Zatížení v ose x

x :

$$-R_{Ex}' - F_{t2}' - R_{Fx}' = 0$$

M_E :

$$-F_{t2}' \cdot l_7' - R_{Fx}' \cdot (l_7' + l_8') = 0$$

$$R_{Fx}' = \frac{-F_{t2}' \cdot l_7'}{l_7' + l_8'} = \frac{-490 \cdot 0,0435}{0,0682} = -312,5 N$$

$$R_{Ex}' = -F_{t2}' - R_{Fx}' = -490 + 312,5 = -177,5 N$$

$$R_{Ex}' = -177,5 N$$

$$R_{Fx}' = -312,5 N$$

$$R_{Er}' = \sqrt{R_{Ex}^2 + R_{Ey}^2} = \sqrt{-177,5^2 - 291,8^2} = 342N$$

$$R_{Fr}' = \sqrt{R_{Fx}^2 + R_{Fy}^2} = \sqrt{-312,5^2 + 1497^2} = 1529N$$

$$R_{Er}' = 342N$$

$$R_{Fr}' = 1529N$$

8 Analýza pomocí Ansys WorkBench 10.0

Při provozu invalidního vozíku je z 95% využíván 2. rychlostní stupeň, kdy 1. rychlostní stupeň slouží převážně při provozu v terénu, lese, prudkém stoupání, nebo třeba při nájezdu na chodník. Z tohoto důvodu můžeme považovat síly působící na skříň převodovky od 2. rychlostního stupně za rozhodující pro její životnost.

8.1 Výsledné síly při 2. rychlostním stupni

Výsledné síly působící v bodech A, B, C, D, E a F, při zařazeném 2. rychlostním stupni.

| | |
|------------------------|--------------------------|
| $R_{Aa} = 0N$ | $R_{Da} = -56,8N$ |
| Bod A: $R_{Ax} = 5,2N$ | Bod D: $R_{Dx} = 356,6N$ |
| $R_{Ay} = 92N$ | $R_{Dy} = 429,6N$ |

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| $R_{Ba} = -121,6N$ | $R_{Ea} = 0N$ |
| Bod B: $R_{Bx} = -137N$ | Bod E: $R_{Ex} = -177,5N$ |
| $R_{By} = -226,1N$ | $R_{Ey} = -291,8N$ |

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| $R_{Ca} = 0N$ | $R_{Fa} = -178,4N$ |
| Bod C: $R_{Cx} = 265,2N$ | Bod F: $R_{Fx} = -312,5N$ |
| $R_{Cy} = 97,7N$ | $R_{Fy} = 1497N$ |

Výpočty byly provedeny za těchto podmínek:

Skříň převodovky je zvolena jako pevně spojený „slepený“ celek. Ve skutečnosti je skříň sešroubována 7 šrouby. Spodní deska je pevně uložena.

Zatížení je hmotností motoru, kroutícím momentem v bodech A, B, C, D, E, F, osovými silami a tečnou silou od řetězu.

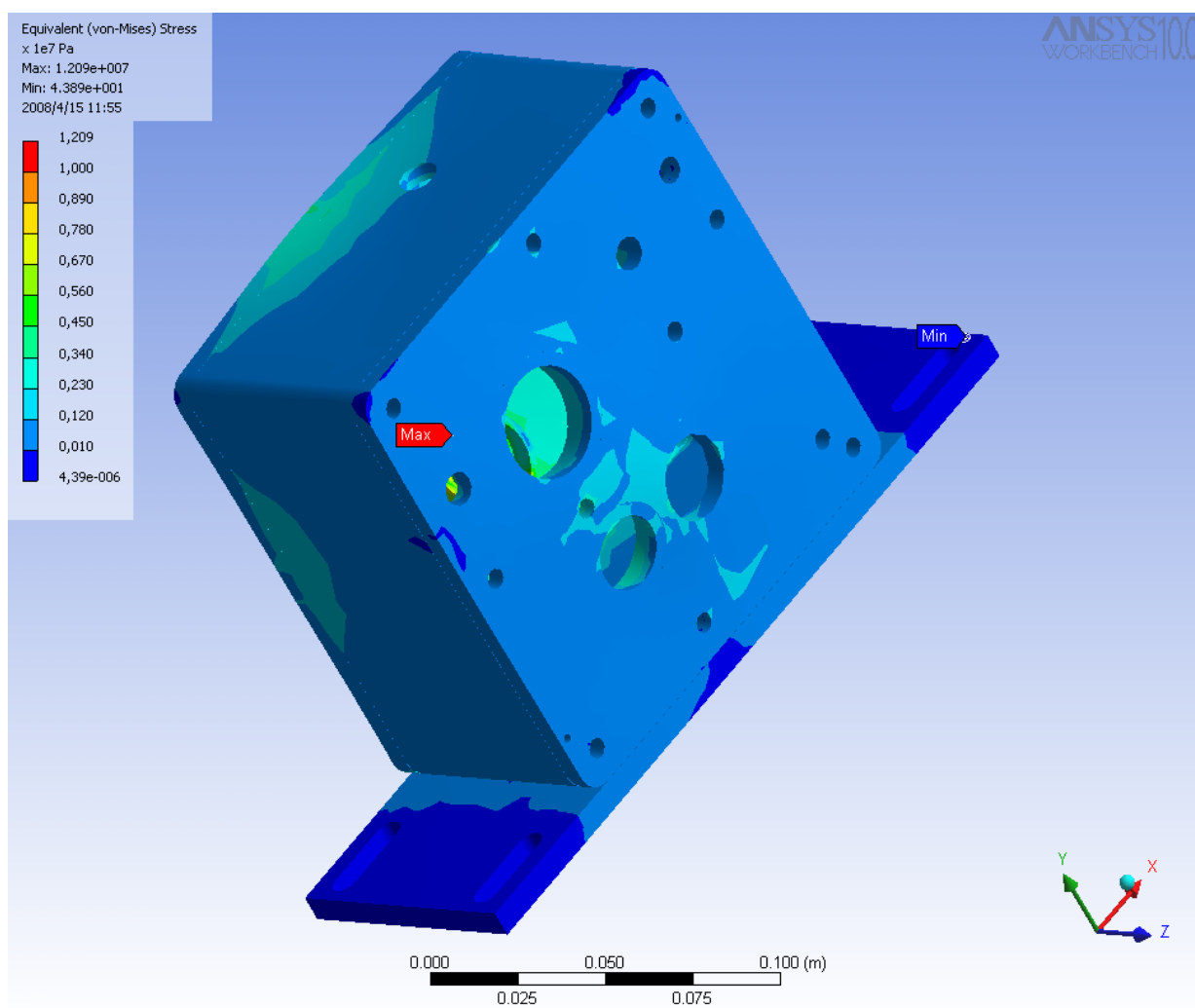
Výsledky výpočtů stávajícího řešení metodou konečných prvků jsou na následujících obrázcích:

8.1.1 Ekvivalentní namáhání - 2. rychlostní stupeň

$\times 1.e^7 Pa$

$Max: 1.209.e^{+7} Pa$

$Min: 4.389.e^{+1} Pa$

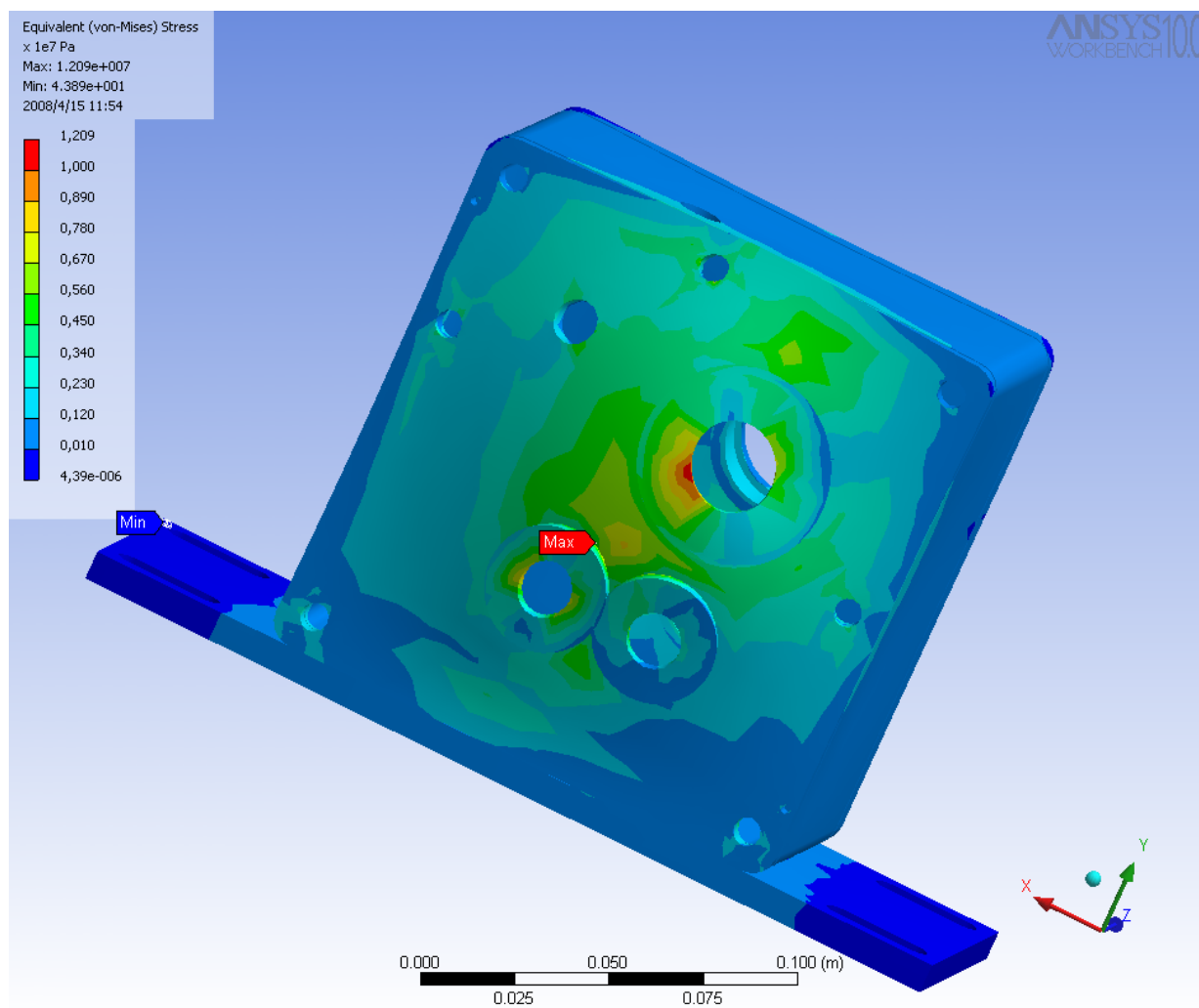


Obr.35.: Ekvivalentní namáhání – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^7 Pa$

$Max: 1.209.e^{+7} Pa$

$Min: 4,389.e^{+1} Pa$



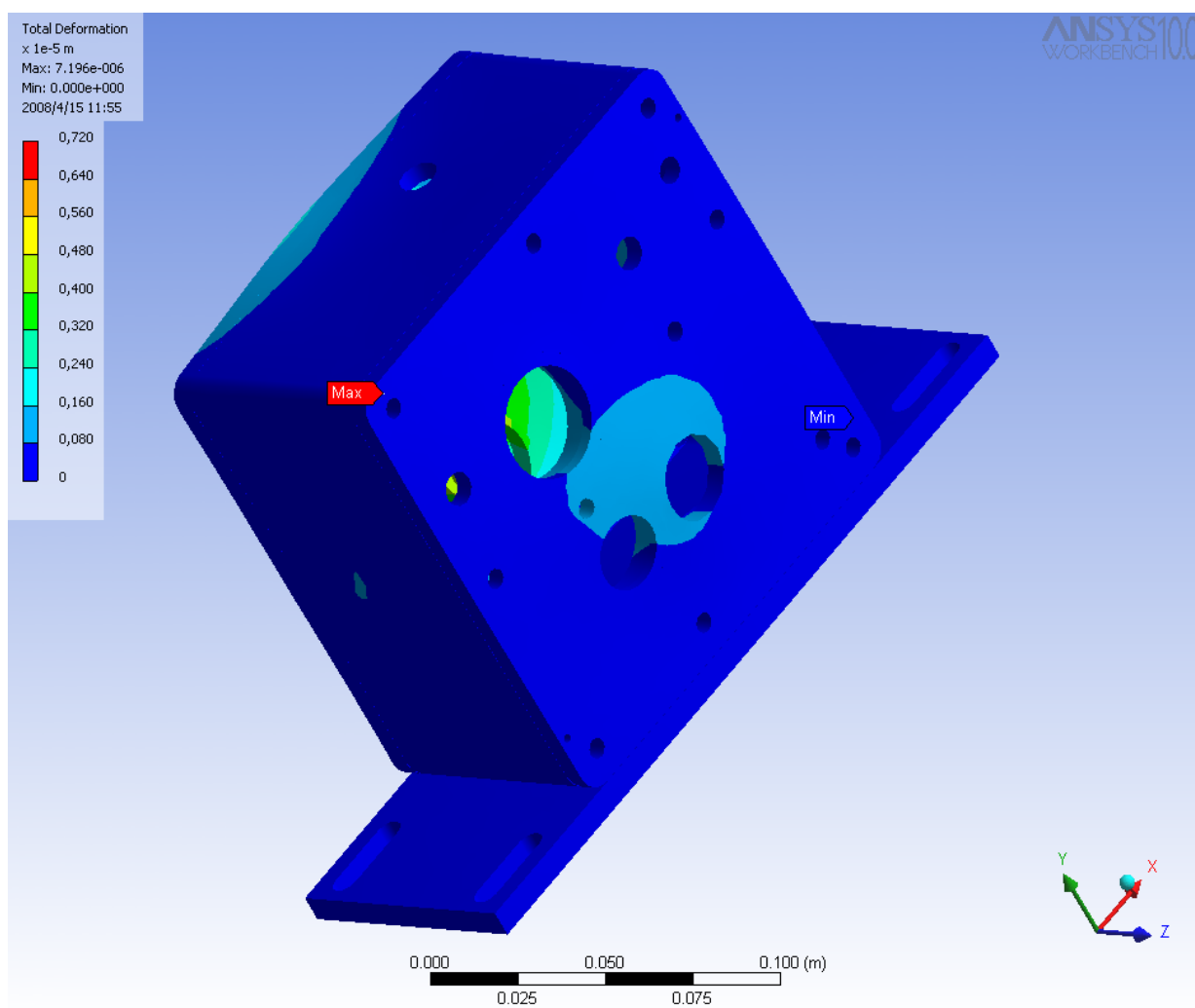
Obr.36.: Ekvivalentní namáhání – víko výstupní (k řetězu)

8.1.2 Totální deformace - 2. rychlostní stupeň

$\times 1.e^{-5}m$

$Max: 7.196.e^{-6}m$

$Min: 0,000.e^{+0}m$

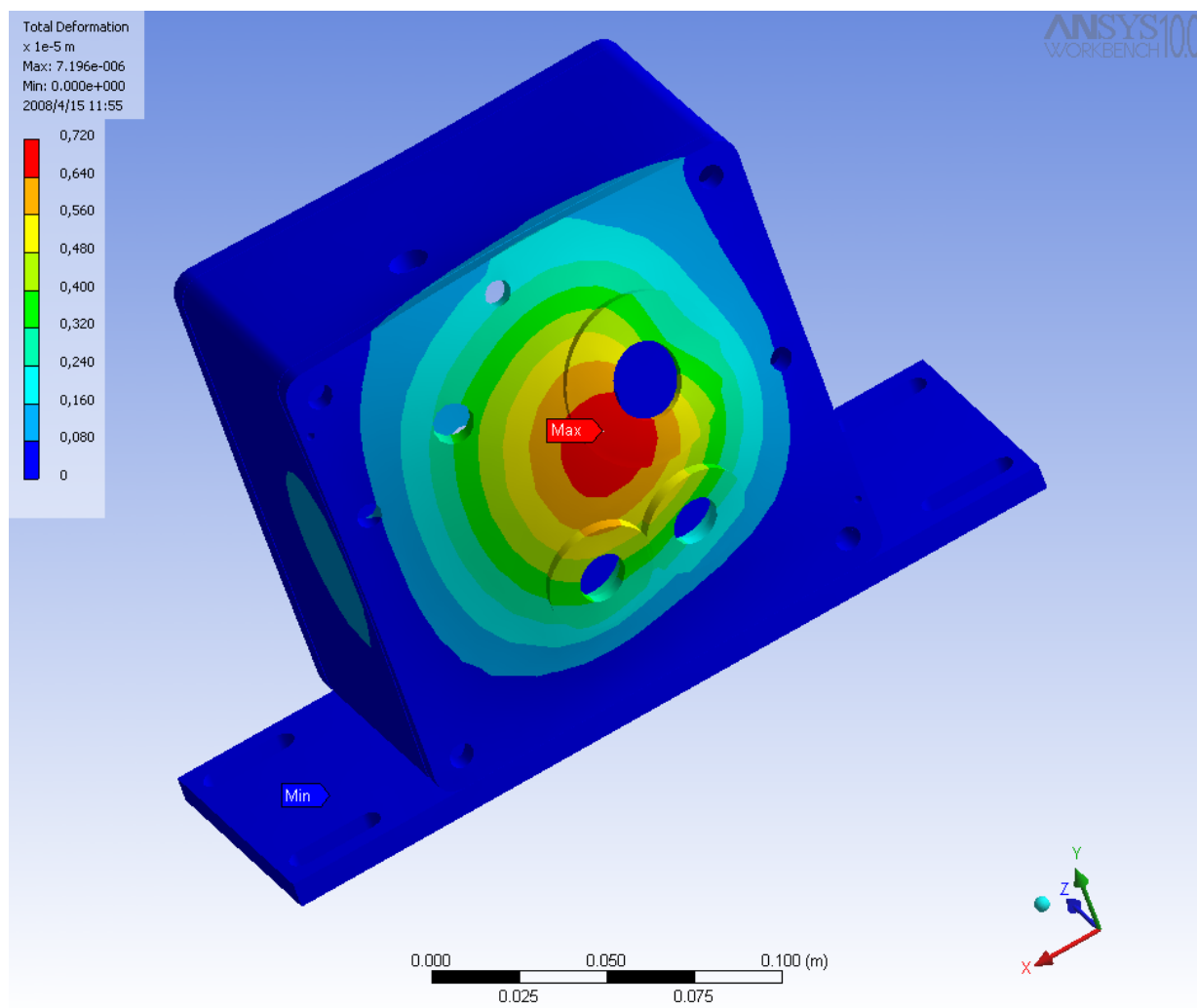


Obr.37.: Totální deformace – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^{-5}m$

$Max: 7.196.e^{-6}m$

$Min: 0,000.e^{+0}m$



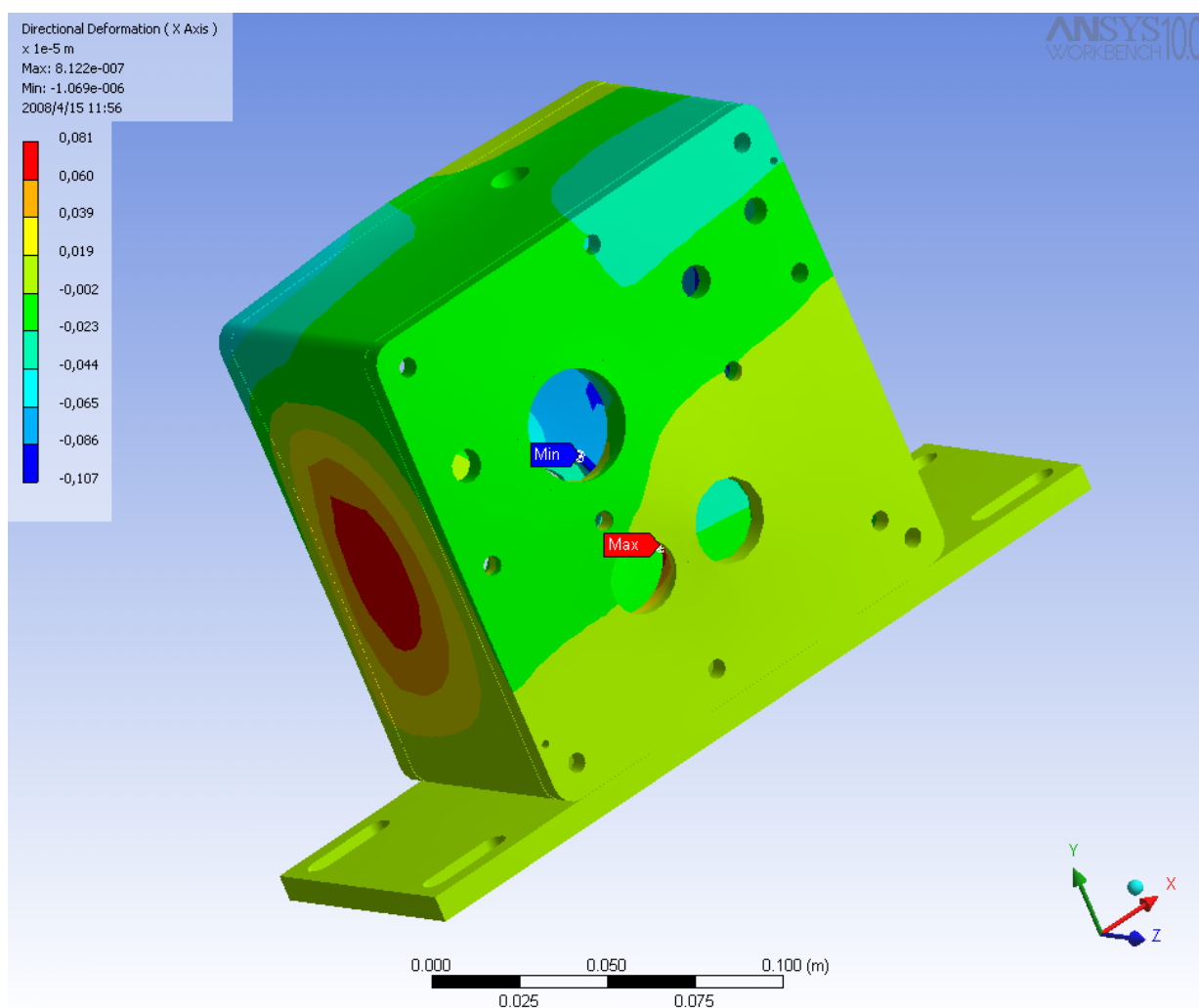
Obr.38.: Totální deformace – víko výstupní (k řetězu)

8.1.3 Směrová deformace - 2. rychlostní stupeň

$\times 1.e^{-5}m$

$Max: 8.122.e^{-7}m$

$Min: -1,069.e^{-6}m$

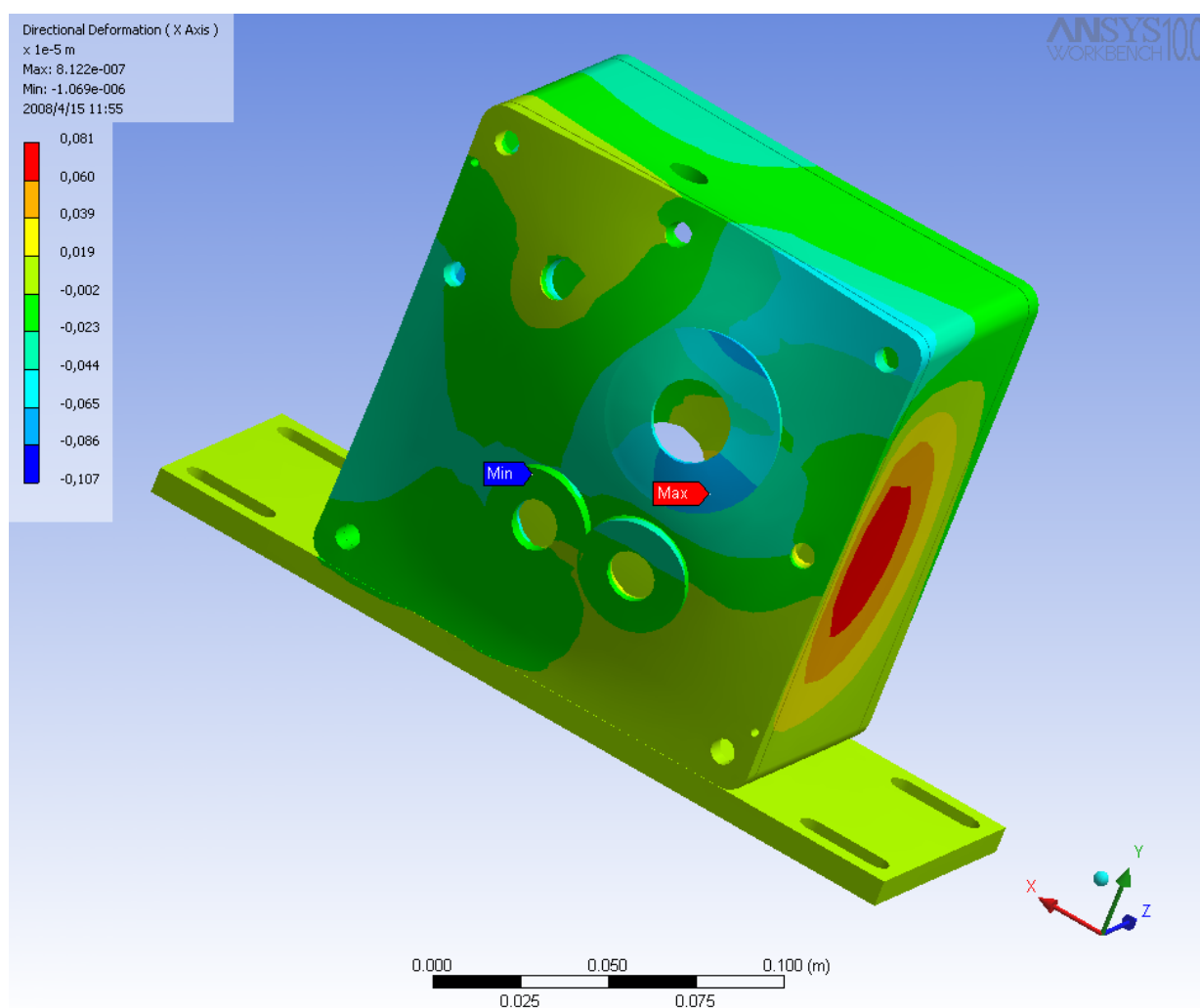


Obr.39.: Směrová deformace – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^{-5}m$

$Max: 8.122.e^{-7}m$

$Min: -1,069.e^{-6}m$



Obr.40.: Směrová deformace – víko výstupní (k řetězu)

8.2 Výsledné síly při 1. rychlostním stupni

Přibližně v 5% provozu invalidního vozíku Eivo je využíván 1. rychlostní stupeň sloužící převážně pro provoz v terénu, lese, prudkém stoupání, nebo třeba při nájezdu na chodník.

Výsledné síly působící v bodech A, B, C, D, E a F, při zařazeném 1. rychlostním stupni.

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| $R_{Aa} = 0N$ | $R_{Da} = -316,2N$ |
| Bod A: $R_{Ax} = 5,2N$ | Bod D: $R_{Dx} = 251N$ |
| $R_{Ay} = 92N$ | $R_{Dy} = 388,1N$ |
| $R_{Ba} = -121,6N$ | $R_{Ea} = 0N$ |
| Bod B: $R_{Bx} = -137N$ | Bod E: $R_{Ex} = -1000N$ |
| $R_{By} = -226,1N$ | $R_{Ey} = 222,3N$ |
| $R_{Ca} = 0N$ | $R_{Fa} = -437,8N$ |
| Bod C: $R_{Cx} = 1083,6N$ | Bod F: $R_{Fx} = -202,8N$ |
| $R_{Cy} = 420,2N$ | $R_{Fy} = 1263,9N$ |

Výpočty byly provedeny za těchto podmínek:

Skříň převodovky je zvolena jako pevně spojený „slepený“ celek. Ve skutečnosti je skříň sešroubována 7 šrouby. Spodní deska je pevně uložena.

Zatížení je hmotností motoru, kroutícím momentem v bodech A, B, C, D, E, F, osovými silami a tečnou silou od řetězu.

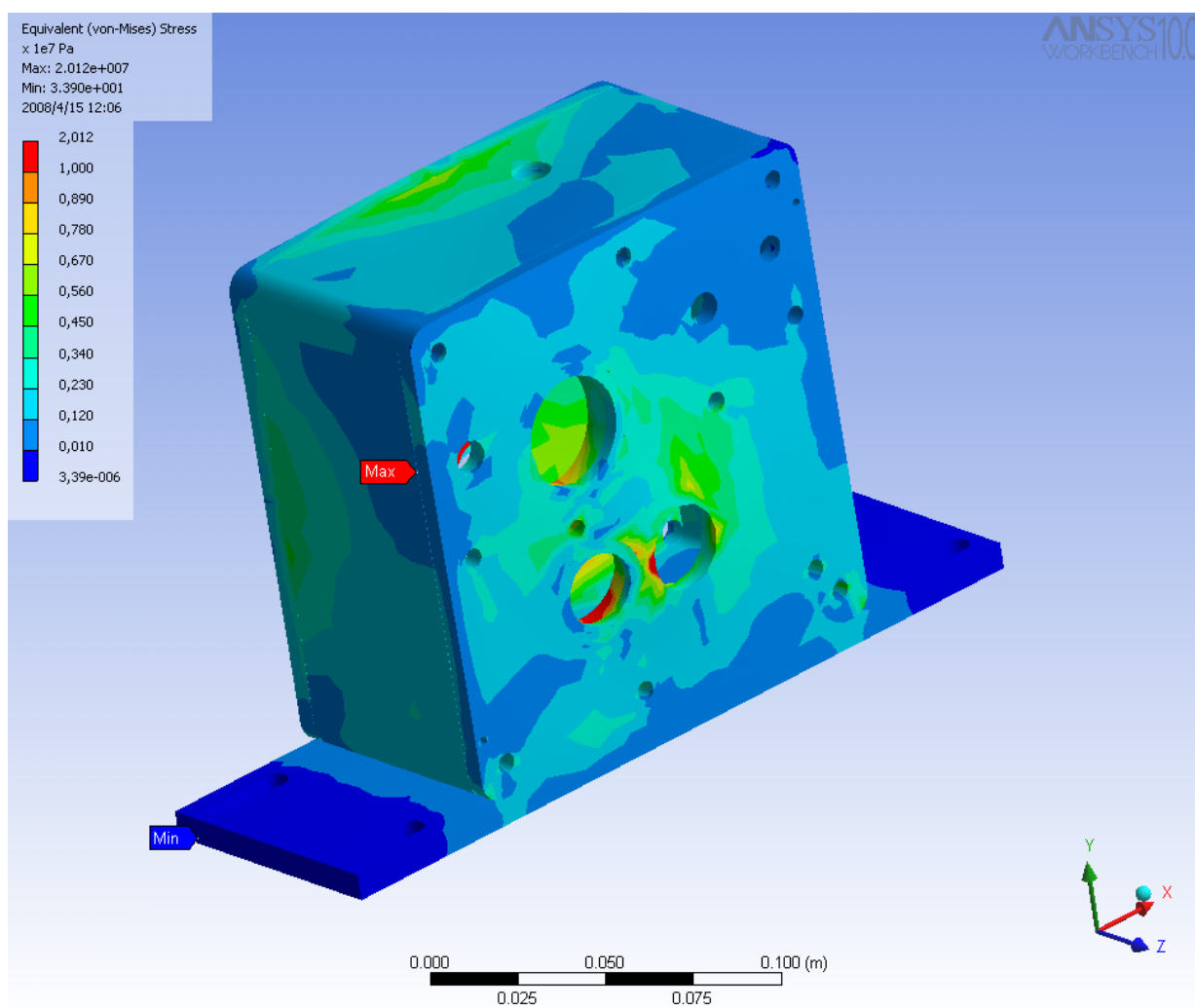
Výsledky výpočtů stávajícího řešení metodou konečných prvků jsou na následujících obrázcích:

8.2.1 Ekvivalentní namáhání - 1. rychlostní stupeň

$\times 1.e^7 Pa$

$Max : 2.012.e^{+7} Pa$

$Min : 3.390.e^{+1} Pa$

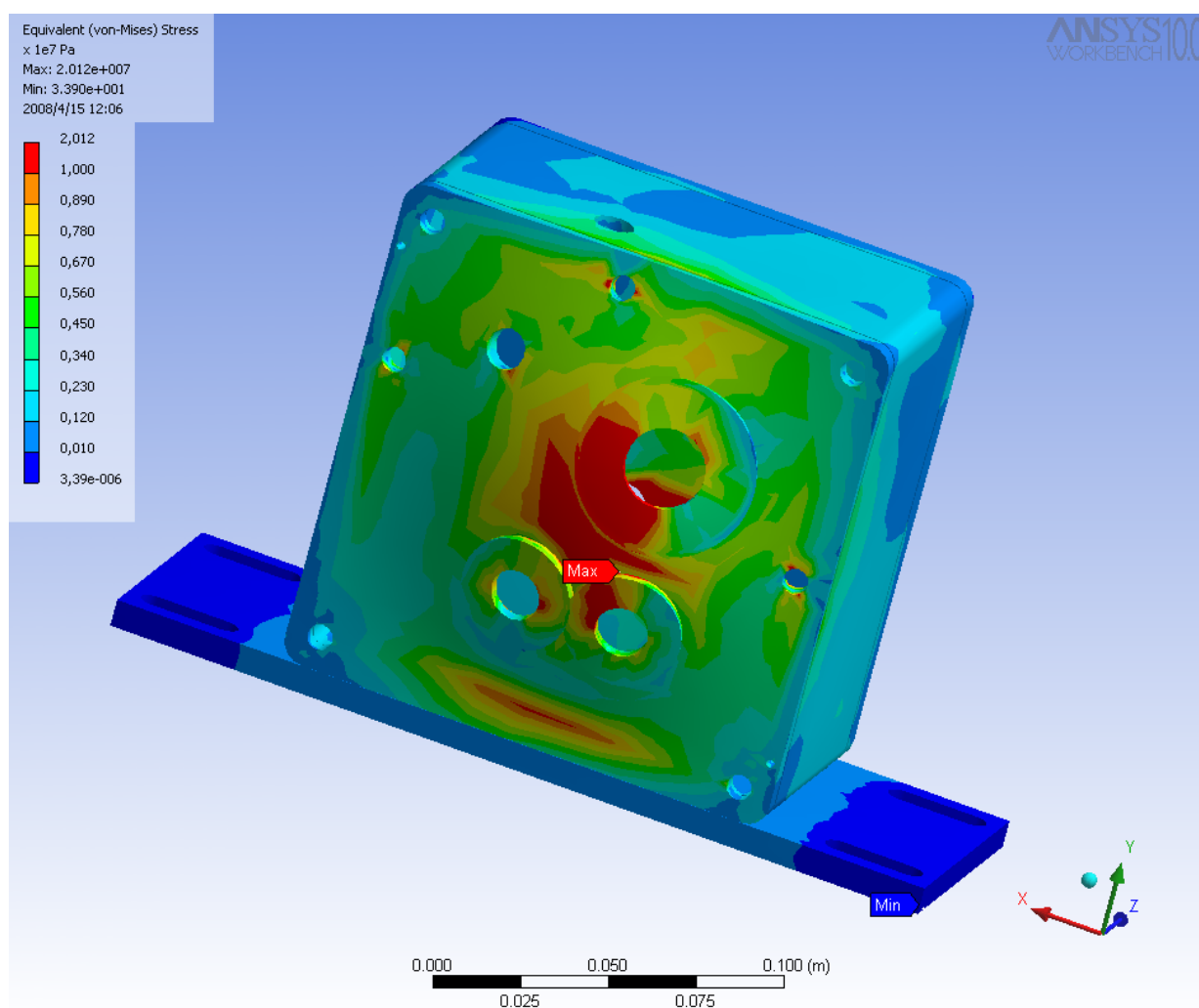


Obr.41.: Ekvivalentní namáhání – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^7 Pa$

$Max: 2.012.e^{+7} Pa$

$Min: 3,390.e^{+1} Pa$



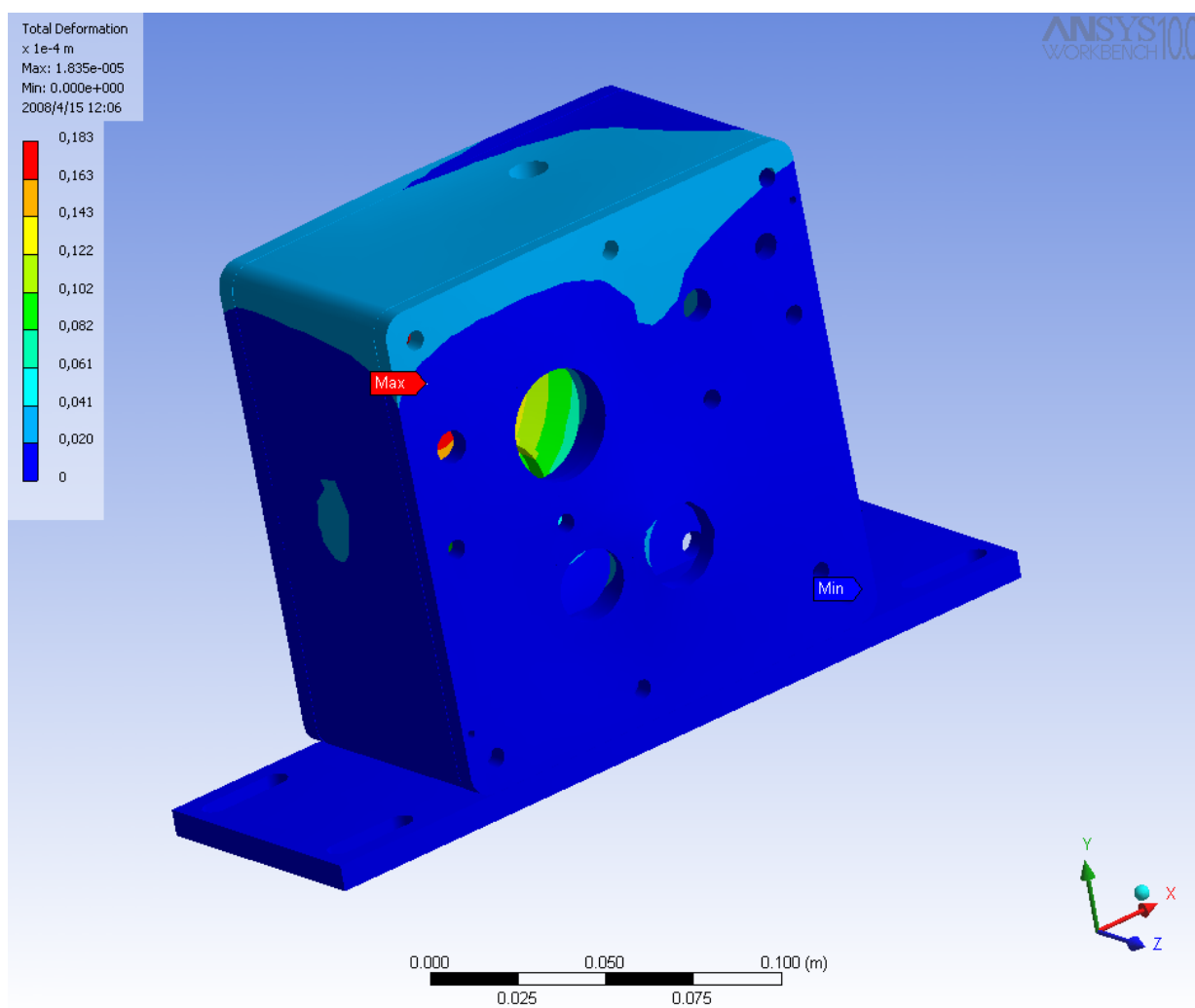
Obr.42.: Ekvivalentní namáhání – víko výstupní (k řetězu)

8.2.2 Totální deformace - 1. rychlostní stupeň

$\times 1.e^{-4}m$

$Max: 1.835.e^{-5}m$

$Min: 0,000.e^{+0}m$

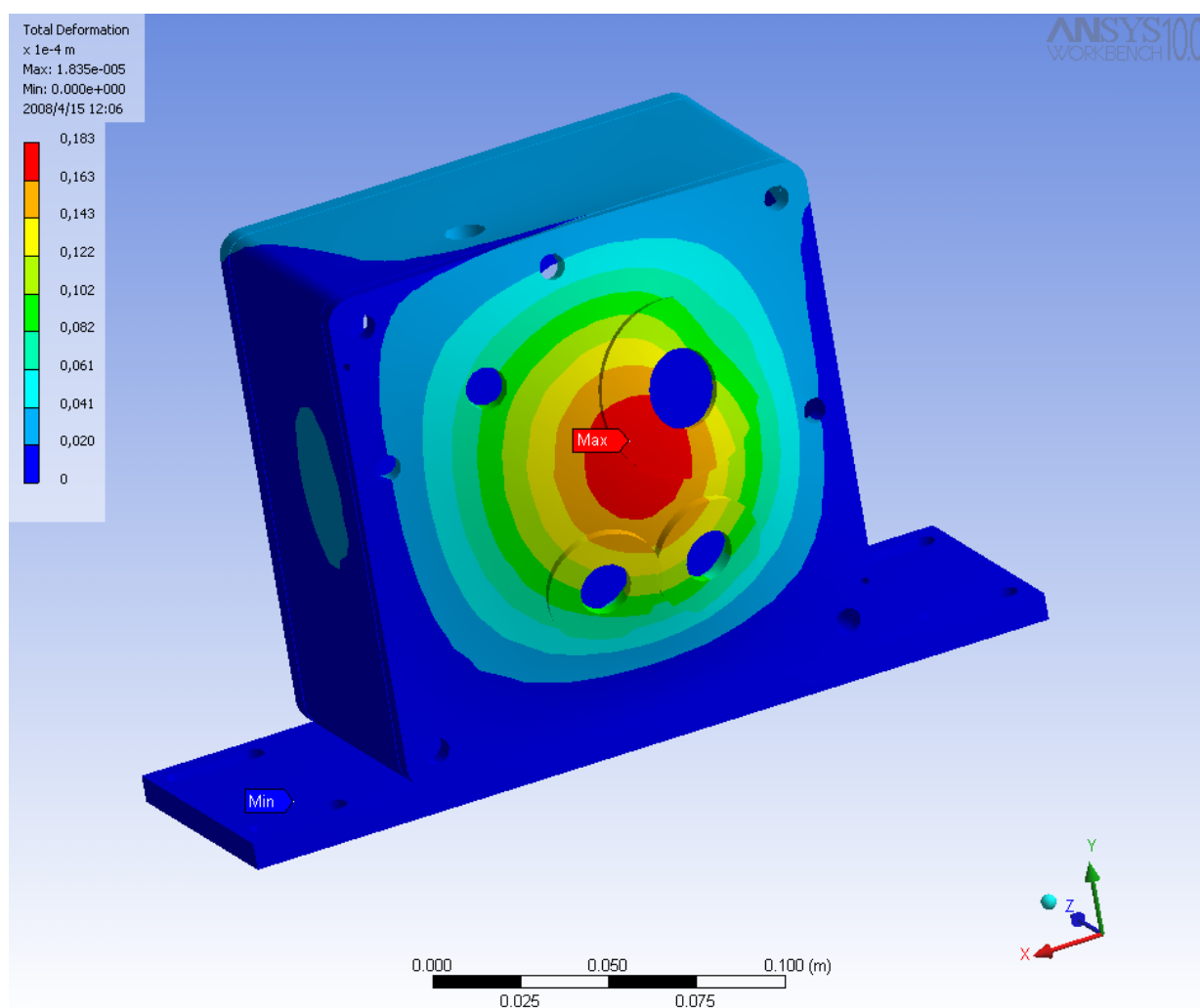


Obr.43.: Totální deformace – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^{-4}m$

$Max: 1.835.e^{-5}m$

$Min: 0,000.e^{+0}m$



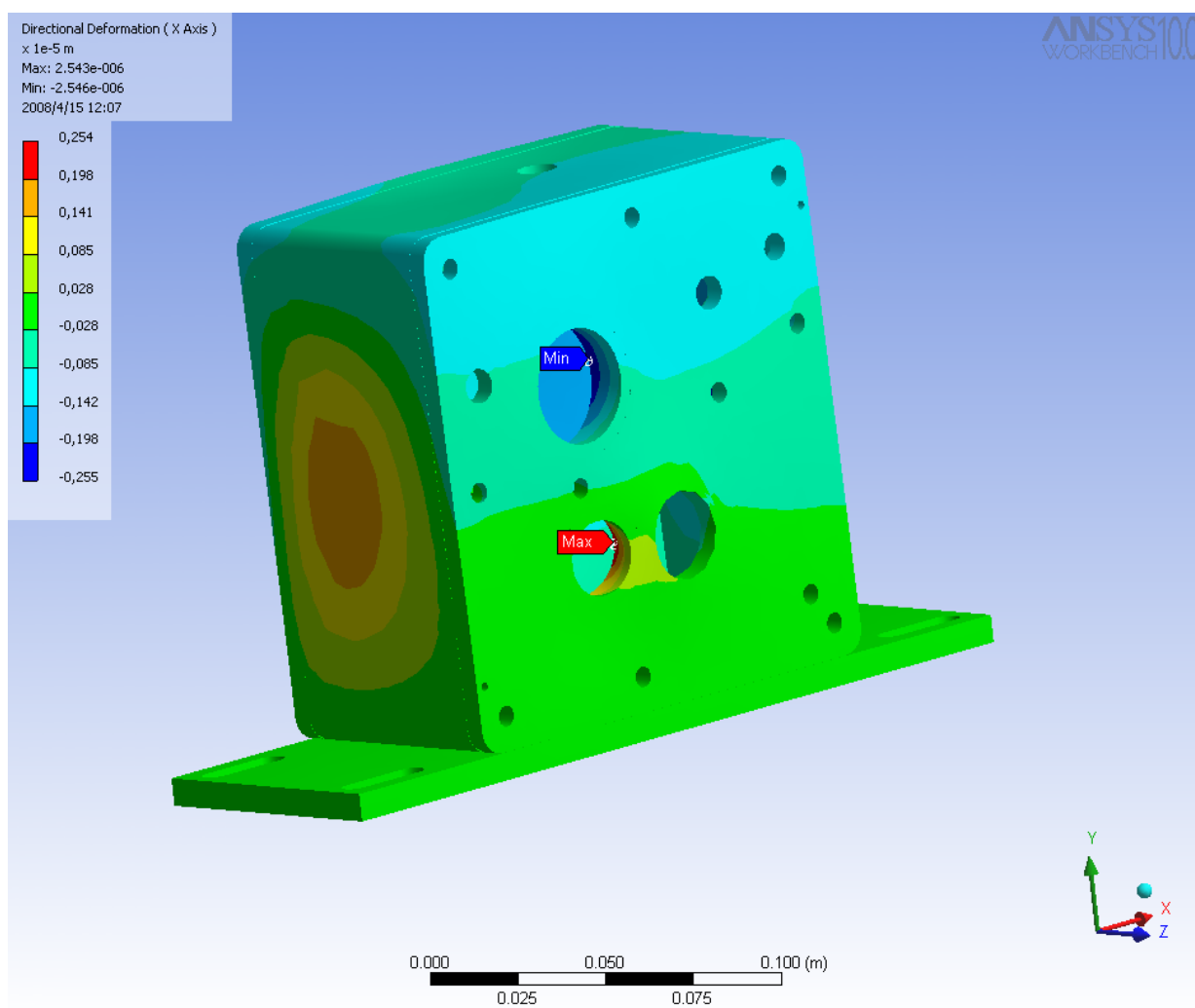
Obr.44: Totální deformace – víko výstupní (k řetězu)

8.2.3 Směrová deformace - 1. rychlostní stupeň

$\times 1.e^{-5}m$

$Max : 2.543.e^{-6}m$

$Min : -2,546.e^{-6}m$

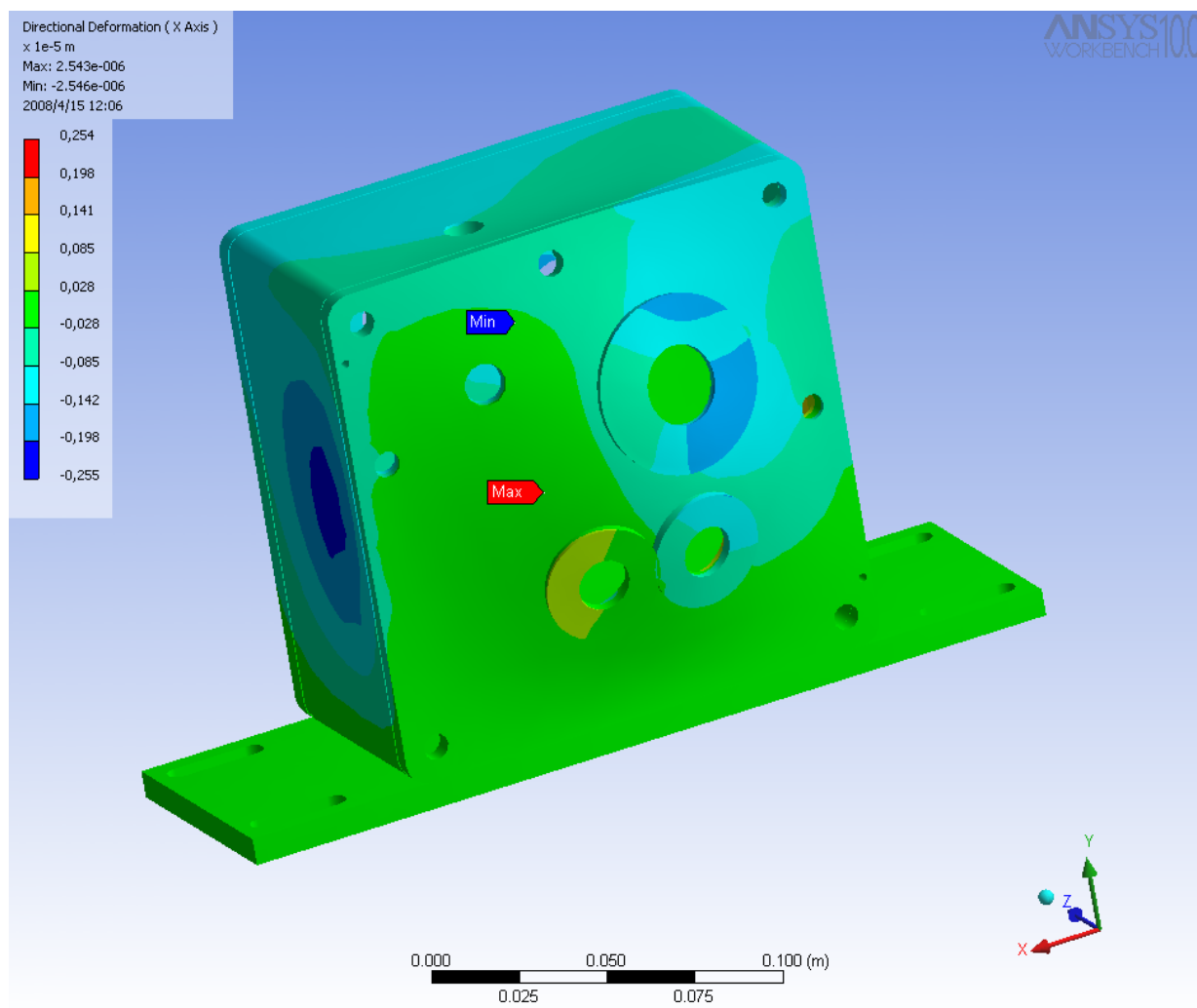


Obr.45.: Směrová deformace – víko vstupní (od motoru)

$\times 1.e^{-5}m$

$Max: 2.543.e^{-6}m$

$Min: -2,546.e^{-6}m$



Obr.46.: Směrová deformace – víko výstupní (k řetězu)

9 Závěr

V diplomové práci byla důsledně popsána původní převodovka používaná pro invalidní vozík Eivo. Je zřejmé, že původně navržená převodovka byla z konstrukčního, technologického, bezpečnostního i ekonomického hlediska absolutně nevyhovující. Bylo snahou většinu špatných vlastností převodovky odhalit a popsat tak, aby bylo možné tyto vlastnosti v následujících krocích vylepšovat nebo inovovat.

Dalším krokem bylo navrhnout a zkonstruovat inovovanou převodovku a převodovou skříň. Pro tuto inovaci byly použity moderní metodické postupy, které slouží k maximálnímu využití dostupných prostředků, informací a zapojení více lidí do vývoje tzv. „týmové práce“, což je jediná cesta k překonávání nepřekonatelného a uspokojení současného zákazníka. Na základě těchto postupů byla na závěr práce navržena a zkonstruována nová převodovka a převodová skříň.

Byl navržen nový systém řazení, jak je uvedeno v kapitole 6.1. Tento systém zaručuje mnohem větší spolehlivost při řazení a větší bezpečnost při provozu. Zde je však zapotřebí připomenout, že na tom, aby převodovka měla maximální možnou funkčnost a bezpečnost při provozu, je zapotřebí nadále pracovat, což je důležité zejména pro bezpečnost zákazníka či obsluhy.

Takto navržená převodovka a převodová skříň splňuje požadavky firmy O.K. Stavební s.r.o. na minimální velikost převodovky v ose zadní nápravy, kdy se podařilo snížit tento rozměr z původních 152mm na současné 102mm. Také nároky na kooperaci se výrazně snížily, neboť v současné době se lze většinu dílů vyrábět ve vlastní firmě a nemusí se spoléhat na ostatní výrobce.

Výsledky deformační zkoušky ukazují, že síly působící v převodovce nejsou velkého charakteru a na převodovku nemají velký vliv z hlediska jejího poškození, jak ukazují výsledky v kapitole 8.

Je zřejmé, že takto navržená převodovka je pro firmu O.K. Stavební s.r.o. jedna z finančně nejúspornějších variant. Na druhou stranu je zapotřebí na vývoji převodovky nadále pracovat a kroky potřebné k dosažení konkurenceschopného výrobku, tak jak jsou uvedeny v diplomové práci, neustále dokola opakovat, a tím převodovku vylepšovat.

V současné době jsou již vyrobeny dvě takto navržené převodovky, které jsou plně funkční, obě jsou namontovány do invalidních vozíků. Jeden vozík je prodán zákazníkovi.

10 Seznam použité literatury

- [1] Bureš, M.: *Ozubená kola a soukolí. Lícování a pevnostní výpočet*. Skripta TU v Liberci 2007
- [2] Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín, Doc. Ing. Ladislav Ševčík, Csc.: *Metody inovačního inženýrství*. Liberec 2006
- [3] Doc. Ing. Zdeněk Pustka, Csc.: *Základy konstruování (Tvorba technické dokumentace)*. Technická universita v Liberci 2004
- [4] Ing. Jaroslav Pospíchal.: *Technické kreslení*. ČVUT – fakulta strojn^í 2000
- [5] Ing. Jan Leinveber, Ing. Jaroslav Řasa, Csc., Ing. Pavel Vávra: *Strojnické tabulky*. Praha 6 v roce 2000
- [6] Ing. Svatopluk Černoch: *Strojně technická příručka*, 12. přepracované vydání. Praha 1968
- [7] NSK-Valivá ložiska, přetisk, vydání CZ 1100/1, 1999
- [8] SKF Katalog 4000/IT, Reg. 47-39 000-1989-12
- [9] Interní dokumentace firmy O.K.Stavební,s.r.o.
- [10] <http://www.meyra.cz//>
- [11] <http://www.motorgear.cz//>
- [12] <http://www.tos.znojmo.cz//>
- [13] <http://www.kvelb.cz//>
- [14] <http://www.tespo.cz//>
- [15] <http://www.dolezal-pe.cz/ SitePublic/attachments/doc282/471.pdf>
- [16] <http://www.korbel-loziska.cz/upload/jednoradkul.pdf>
- [17] <http://www.mateza.cz/>